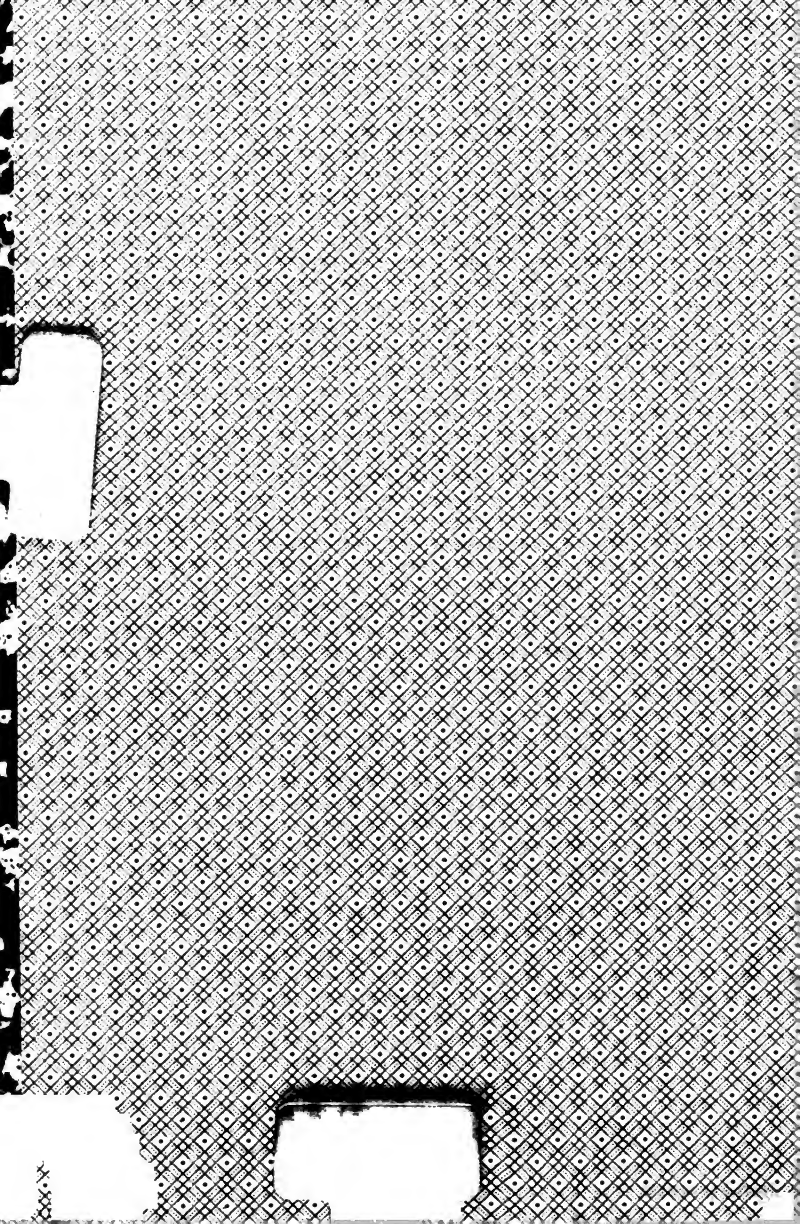
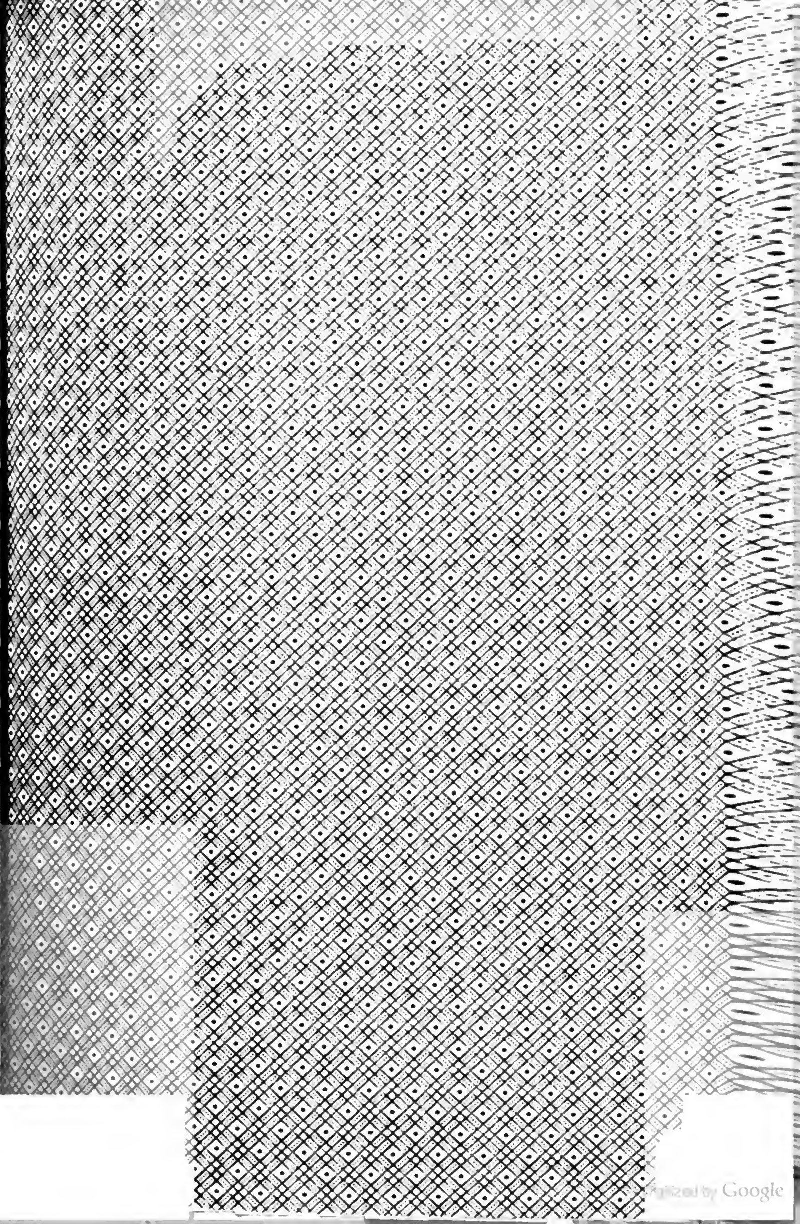






6—3—28

796

MANUAL

DE

FISICA GENERAL Y APLICADA

Á LA AGRICULTURA Y Á LA INDUSTRIA.

POR DON EDUARDO RODRIGUEZ,

INGENIERO INDUSTRIAL; DOCTOR EN CIENCIAS Y EX-CATEDRÁTICO DE LA UNIVERSIDAD DE MADRID; INGENIERO QUÍMICO DE LA ESCUELA CENTRAL DE PARÍS; PROFESOR DE FÍSICA GENERAL Y APLICADA EN EL REAL INSTITUTO INDUSTRIAL.

OBRA PREMIADA POR S. M.

EN CONCURSO PUBLICO

A PROPUESTA DE LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS.

LEMA DEL CONCURSO.

Si quereis gloria, pedidla á la ciencia: los restos de Newton caben en un reducido sarcófago; su nombre no cabe en el mundo.

MADRID:

IMPRENTA, FUNDICION Y LIBRERIA DE DON EUSEBIO AGUADO,

CALLE DE PONTEJOS, NUMERO 8.

1858.

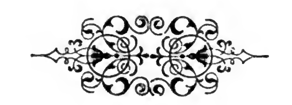
PROLOGO.

La *Gaceta* del 9 de setiembre de 1854 publicó un Real decreto abriendo concurso para adjudicar un premio, entre otros, al autor del mejor Manual de Física aplicada á la agricultura y á la industria: en la esposicion de este Real decreto se decia:..... «Frecuente, en efecto, es ver que las clases »industriales y agricultoras rechazan con indiferencia, cuando no con des»dén, cuanto se les ofrece con aparato científico, al paso que acojen ávidas »cuanto se les presenta en lenguaje acomodado á su comprension, y mas si se »acompaña con la demostracion y el ejemplo. Legítima deduccion de estas ver»dades era la necesidad de que en lenguaje usual, y al alcance de todos, se pu»blicasen unos Manuales de física, mecánica y química aplicadas á la agri»cultura y á la industria. Gloria es del episcopado español en el siglo décimo»nono que uno de sus dignos Prelados haya promovido este pensamiento. La »historia literaria y científica de nuestra época no dejará de consignarlo. Ni es »menor la conveniencia de que, con arreglo á lo dispuesto en los cánones de »algunos Concilios, en los Seminarios conciliares y en los Institutos religio»sos dedicados á la enseñanza, despues de los estudios propios de su estado, »aprendan sus profesores y el clero esta clase de conocimientos aplicados á »la agricultura y á la industria, para difundirlos despues con la voz y con »el ejemplo, entre los feligreses y entre los discípulos que pertenecen á las »clases laboriosas.» En el Real decreto abriendo el concurso se decia:..... «en »cuyos Manuales, redactados en lenguaje usual y sin aparato científico, se »expongan los principios elementales de estas ciencias, y sus mas útiles apli»caciones á los ramos de que se trata..... Será Juez del concurso..... la Real »Academia de Ciencias.» Entre las condiciones del concurso, se leian las siguientes. «El objeto del Gobierno de S. M. al celebrarlo, es que se presen-

»ten reunidas en Manuales elementales todas las verdades útiles y prácticas »que enseñan en el dia la mecánica racional, la física y la química. Verifi- »carlo sin hacer uso de los métodos y demostraciones sublimes propias de »las ciencias, es la gran cuestion que tienen que resolver los opositores. Para »ello han de estar redactados los Manuales en lenguaje claro, conciso y fá- »cil de comprenderse, aun por aquellas personas que tan solo posean los »conocimientos de las prácticas agrícolas é industriales. Cuando sus autores »presenten las definiciones fundamentales de la ciencia, deberán acompa- »ñarlas de explicaciones y de ejemplos que las hagan facilmente percepti- »bles, desnudándolas de todo aparato científico. Cuando traten de las doctri- »nas, es de necesidad que estas se apoyen con ejemplos prácticos, escojiendo »los de mas general y útil aplicacion á la agricultura y la industria.... El »autor ó autores de los Manuales anteriormente citados podrán separarse, »en cuanto lo creyeren útil, de los programas siguientes, con tal que sea »para mejorarlos....» Ocupado yo de la enseñanza de la física y sus apli- caciones, teniendo además á mi disposicion un gabinete de máquinas y apa- ratos muy completo, me encontraba en el caso de emprender la obra de escribir el Manual de Física pedido por el Gobierno, y á la timidez propia del conocimiento de mi debilidad para semejante trabajo, venció la idea de suponerme poco menos que en la obligacion de emprenderle, alentándome tambien la condicion de que habia de presentarse anónimo, y quedar por tanto ignorado el autor en caso de no lograrse el objeto propuesto; además, las esposiciones universales, de Londres, que habia visitado, y de París, que trataba de visitar, podian darme materiales nuevos, y ponerme al alcance de los últimos conocimientos de la ciencia. Con tales elementos emprendí la obra, ejecutando por mí mismo trabajos que á nadie podia confiar por no descubrir mi secreto, haciendo tambien todos los esperimentos para poder consignar los resultados, como ejemplos, aun en los casos mas sencillos. Des- de luego adopté el programa del Gobierno, que no me creia en el caso de mejorar mas que ampliándole en aquellos puntos que por sus útiles é impor- tantes aplicaciones me pareció debian tratarse con estension, y me propuse poner todas las doctrinas, todos los esperimentos al alcance de las personas que solo poseen conocimientos sencillos de aritmética, para que puedan ha- cer útiles aplicaciones, cumpliendo asi con el deseo terminantemente mani- festado en la convocatoria de concurso, segun se ve por los párrafos antes citados: he acompañado las esplicaciones con gran número de figuras co- piadas de los mismos aparatos, y presentadas de la manera mas conve- niente para darlas á conocer en todos sus detalles: debo á mis buenos amigos noticias interesantes que he consignado con entera confianza, por lo cual cum- plo aqui con el deber de manifestarles mi gratitud: he procurado tambien que mi obra pueda servir para aquellas personas que, iniciadas en la ciencia del cálculo, quieran estudiar con mas estension y profundidad esta parte de las

ciencias naturales; los ejemplos propuestos en muchos casos podrán reducirse á fórmulas algébricas, para sacar de ellas útiles y sencillas deducciones: he tratado con bastante estension y presentado datos sobre varias cuestiones de muy importantes y utilísimas aplicaciones, que en España se encuentran descuidadas ó desconocidas, llamando particularmente la atencion sobre ellas: naturalmente son en mayor número las aplicaciones á la industria que á la agricultura, porque no son muchas las que para la última nacen directamente de la física. El resultado de este trabajo ha sido para mi completamente favorable, segun se consigna en las siguientes Reales órdenes comunicadas por el Sr. Ministro de Fomento al Sr. Presidente de la Real Academia de Ciencias, fechas 26 de diciembre de 1856 y 29 de enero de 1857, insertas en las Gacetas del 1.º de enero y 1.º de febrero del mismo año. «La Reina (Q. D. G.) se ha enterado de la comunicacion de »V. E., fecha 22 del próximo pasado, dando cuenta de haber cumplido esa »Real Academia el encargo que S. M. se dignó confiarla en Real decreto »de 6 de setiembre de 1854, cometiéndola el examen y censura de las »obras que se presentasen al concurso abierto para premiar á los autores de »los tres mejores Manuales de Física, de Química y de Mecánica aplicadas á la »Agricultura y á la Industria, habiendo tenido presente lo preceptuado en »otro Real decreto de 4 de junio del corriente año. En vista de lo manifesta»do por V. E. y de que esa Real Academia ha seguido en tan grave asunto »los trámites que exigian el programa y varios acuerdos de la misma, diri»jidos á asegurar el acierto en la calificacion de aquellas obras, S. M. la »Reina (Q. D. G.), conformándose con el dictamen emitido, se ha dignado »resolver:..... 2.º Que se conceda el premio y ventajas ofrecidas en dichos »Reales decretos al autor del Manual de Física registrado con el número »cinco y cuyo lema es: «Si quereis gloria, pedidla á la ciencia. Los restos »de Newton caben en un reducido sarcófago: su nombre no cabe en el »mundo.» Al mismo tiempo, con objeto de dar á estos concursos la solem»nidad que su importancia requiere, se ha servido disponer que el pliego »cerrado que debe contener el nombre del autor del Manual premiado se »abra en la primera sesion pública que celebre esa Real Academia, y que »el Ministro que suscribe tenga la honra de presidirla en su Real nombre, »para lo cual se designará oportunamente el dia en que haya de verificarse.» La segunda Real orden citada decia: «Enterada la Reina (Q. D. G.) de la »comunicacion de V. E., á que acompaña el acta de la sesion pública cele»brada por esa Academia el dia 11 del corriente mes, y que tuve la honra »de presidir en su Real nombre, se ha dignado aprobar la concesion del pre»mio.... y las demás ventajas ofrecidas en los Reales decretos de 6 de se»tiembre de 1854 y 4 de junio de 1856 á D. Eduardo Rodriguez, profesor »de física del Real Instituto Industrial, como autor del *Manual de Física aplicada á la agricultura y á la industria*, señalado entre los presentados al

»concurso con el núm. 5 y el siguiente lema: «Si quereis gloria.....» De- »biendo procederse, segun el primero de dichos Reales decretos, á la impre- »sion de 1,200 ejemplares de la obra por cuenta del Estado, sin perjuicio de »que el autor utilice los moldes para imprimir por la suya cuantos guste, »S. M. se ha dignado confiar al celo é inteligencia de esa Academia el cui- »dado de dirigir dicha impresion porque de este modo se adquiere una »prenda segura del esmero y exactitud que tanto son de apetecer en todas »las obras científicas....» He merecido de S. M. un premio, despues de ob- tener de la Academia de ciencias el fallo enteramente favorable; no me envanezco sin embargo de haber hecho una obra perfecta, ni mucho menos; algo se ha encontrado bueno en mi trabajo, pero estoy persuadido que solo ha sido el buen deseo que en él se habrá notado: grande es el premio; gran- de es tambien la obligacion que me impone para en adelante, y si yo lograra allegar siquiera un grano de arena al edificio de nuestra naciente industria, me encontraria, si no desobligado, por lo menos satisfecho de mis trabajos.



PRIMERA PARTE.

PROPIEDADES DE LOS CUERPOS.

CAPITULO I.

IDEAS GENERALES.

1. Cuerpos. Se llama cuerpo todo lo que puede hacer impresion en el sentido del tacto. *Materia* es la sustancia que forma el cuerpo.

Elemento ó cuerpo simple es el que no está formado mas que de una sola sustancia, como el hierro, del que no ha sido posible obtener mas que hierro. El número de cuerpos simples ó elementales es hoy dia 62 ó 63, pues hay duda en alguno de ellos.

Es cuerpo *compuesto* el formado de sustancias diferentes, como el agua, que puede descomponerse en un cuerpo llamado oxígeno y otro llamado hidrógeno. Los cuerpos simples se suponen formados de partes sumamente pequeñas de ellos mismos, y estas partes se llaman *átomos;* la reunion del menor número posible de átomos que forma un cuerpo compuesto se llama *molécula. Masa* de un cuerpo es la reunion de los átomos que le forman.

2. Estado de los cuerpos. Los cuerpos son *sólidos* cuando conservan por sí solos su forma, ó cuando reducidos á pequeñas porciones ó sea á polvo, pueden amontonarse haciendo que en su parte superior no concluyan en una superficie plana: el cobre, azufre, serrin, harina, son cuerpos sólidos.

Son *líquidos*, cuando colocados en un vaso toman exactamente la forma de él presentando en su parte superior una superficie sensiblemente plana: el agua, aceite, vino, son cuerpos líquidos.

Son *gases* los que colocados en un recipiente le llenan todo, sea cualquiera la cantidad de cuerpo que en él se ponga: el aire es un gas.

Estas maneras de presentarse los cuerpos se llaman sus estados; de modo que se dice el estado sólido, el estado líquido ó el gaseoso: al líquido y gaseoso tambien suele llamarse estado flúido.

Un cuerpo puede cambiar de estado, pasando de sólido á líquido y de líquido á gas, ó al contrario: cuando el gas puede pasar facilmente á líquido, toma el

nombre de *vapor*. El agua es sólida formando el hielo, es líquida en su estado ordinario, y sabemos que puede convertirse facilmente en vapor, calentándola.

3. Fenómeno. Se llama fenómeno á un cambio cualquiera verificado en un cuerpo, ya sea variando de estado, posicion, tamaño ó en otra cualquiera de sus propiedades.

4. Agentes naturales. Existen en la naturaleza ciertos agentes que obran sobre los cuerpos modificando en general varias de sus propiedades; estos agentes se llaman *calórico, luz, magnetismo* y *electricidad*.

Los fenómenos que presentan los cuerpos, ya sea por la influencia de estos agentes, ó ya obrando unos sobre otros, son muy variados; y si bien los antiguos llamaban ciencia de la naturaleza al estudio de los dichos fenómenos, adelantando mas en este estudio ha sido preciso clasificarlos, resultando de aqui varias ciencias distintas. La primera division de estas es en exactas ó matemáticas y naturales: en las primeras, una verdad no puede ser admitida como tal mientras no esté demostrada, apoyándose en otra verdad antes demostrada, ó en un axioma, es decir, en una verdad tan evidente que no necesite demostrarse. En las ciencias naturales no es posible proceder del mismo modo: observado un fenómeno se establece un supuesto para esplicarle, á que se da el nombre de *teoria*, y será esta tanto mas probable cuanto mayor sea el número de fenómenos del mismo género que con ella puedan esplicarse; pero un nuevo fenómeno viene á destruir la teoría establecida, por encontrarse en oposicion con ella, y entonces es necesario inventar otra que esplique el nuevo fenómeno y todos los observados anteriormente. Estas teorías suelen ser muy probables en algunos casos, sirven para comprender los fenómenos en otros, y son inciertas y apenas admisibles algunas veces, quedando por tanto sin esplicacion aquellos fenómenos. De lo dicho resulta, que una verdad matemática y las consecuencias legítimas de ella serán tales verdades, sin que nunca puedan dejar de serlo, pero una teoría podrá no ser cierta por mucho que lo parezca, y todas las consecuencias deducidas de ella estarán sujetas á la misma incertidumbre; por ejemplo, los antiguos suponian que los cuerpos elementales eran cuatro, el aire, el agua, la tierra y el fuego; en el dia los tres primeros se descomponen, y por tanto no son elementos (1), y el fuego se admite como un agente de la naturaleza y no como un cuerpo; siendo, segun hemos dicho antes, 62 ó 63 los elementos ó cuerpos que no se han podido descomponer, y que por esta razon se suponen simples. Lo que dejamos espuesto hace ver que siempre que sea posible deberá aplicarse el cálculo matemático al estudio de los fenómenos naturales, y de este modo tendremos estos fenómenos reducidos á verdades, de las que podremos deducir á veces otras verdades como consecuencias legítimas.

Si una teoría esplica todos los fenómenos de la misma naturaleza observados, podrá dar lugar á lo que se llama una *ley*, que será la reunion de los principios que se supone presiden á la formacion de aquellos fenómenos.

Las ciencias exactas y naturales se han subdividido en otras muchas, siendo una de estas, perteneciente á las naturales, la Física, que podremos definir del modo siguiente:

5. Física es la ciencia que tiene por objeto *el estudio de las propiedades de los cuerpos mientras no cambien en su composicion, y el de los agentes que existen en la naturaleza, con los fenómenos que en los cuerpos produce su influencia.*

Las ciencias todas se auxilian, sin que pueda designarse el punto de separacion entre unas y otras; así su definicion tampoco puede ser rigorosamente exacta; por ejemplo, hemos dicho que la física estudia los cuerpos sin descomponerlos, y sin embargo encontraremos que en algunos casos serán del dominio de esta ciencia los fenómenos de descomposicion; pero no supondremos inexacta una definicion de este género aunque pueda tener algunas escepciones, y acaso sería lo mas conveniente no definir las ciencias naturales.

6. Estudio de la Física. Para poder estudiar los fenómenos físicos es necesario que se verifiquen siempre que sea necesario, lo cual en unos casos es posible, y en otros no lo es. Para producir un fenómeno físico hay que poner á los cuerpos en las condiciones á propósito, y esto suele hacerse en general por el intermedio de otros cuerpos dispuestos de la manera conveniente, formando lo que en física se llama un aparato ó una máquina, llamándose esperimento á la produccion del fenómeno, y Física esperimental al estudio de la Física cuando se hace acompañado de la reproduccion de todos los fenómenos posibles y de la observacion de ellos.

En el estudio de la física deben emplearse todos los métodos que puedan enseñarnos la causa ú origen de los fenómenos; el método analítico, es decir, el estudio de las partes para conocer el todo; el sintético, ó sea el estudio del todo para conocer las partes; la analogía, fundada en que causas iguales producen efectos iguales, la observacion, la esperiencia, en una palabra, todos los medios que puedan conducirnos á reconocer la verdad, deberán ser indistinta y simultáneamente empleados; veremos, sin embargo, muchos casos en que no nos será posible descubrirla.

El estudio de la Física le dividiremos del modo siguiente: propiedades de los cuerpos y aplicaciones de estas propiedades; calórico, luz, magnetismo y electricidad, con las aplicaciones tambien de cada uno de estos agentes.

7. Propiedades de los cuerpos. Las propiedades de los cuerpos se dividen en generales y particulares: generales son las que convienen á todos los cuerpos, sea cualquiera su estado; particulares son las que convienen á algunos cuerpos ó tambien á algun estado de ellos.

Las propiedades generales son: la *estension*, *impenetrabilidad*, *divisibilidad*, *movilidad*, *inercia*, *porosidad*, *compresibilidad*, *elasticidad* y *atraccion*. Veremos al estudiar cada una de estas propiedades, que unas corresponden á la materia, otras al cuerpo como reunion de átomos, y otras á la materia y al cuerpo.

Las propiedades particulares son en gran número; la *dureza*, *tenacidad*, *maleabilidad*, *ductilidad*, *opacidad* y otras muchas son propiedades particulares.

Vamos á estudiar cada una de las propiedades generales con sus mas principales aplicaciones.

CAPITULO II.

ESTENSION.

8. Definicion. Todo cuerpo ocupa un lugar en el espacio mayor ó menor, y esto es lo que constituye su *estension*. Un cuerpo es ancho, largo y grueso, ó lo que es lo mismo, tiene longitud, latitud y profundidad, á lo que se da el nombre

de dimensiones; si consideramos las tres reunidas, tendremos lo que se llama *volúmen;* pero muchas veces solo es necesario hacerse cargo de dos de estas, y en tal caso tendremos la estension considerada en dos dimensiones, que toma el nombre de *superficie;* tambien en otros casos solo es necesario apreciar una dimension del cuerpo, y entonces la estension considerada en una dimension se llama *línea;* finalmente, si suponemos un cuerpo sin dimensiones, tendremos el *punto* matemático.

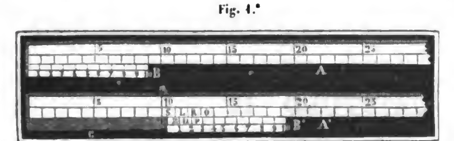
La estension es una propiedad de la materia y de los cuerpos, sin la cual no se concibe la existencia de aquella ni de estos.

El estudio de la estension constituye la ciencia matemática llamada *geometría;* por lo tanto, á la Física corresponde solo estudiar los medios materiales de apreciar ó medir con exactitud la estension, y de esto nos vamos á ocupar. La geometría enseña que para medir una superficie es necesario que se midan dos ó mas líneas, y para un volúmen, tres ó mas: de manera que lo que siempre hay que medir son líneas; por lo tanto, la Física debe enseñarnos los medios de apreciar exactamente la estension de la línea recta, que es la que nos dará la medida de toda otra estension, y que es tambien á la que se reducen las curvas en la mayor parte de los casos.

9. Medida de una línea. Para medir una línea colocamos sobre ella la unidad de medida, que será otra línea con el nombre de vara, metro, etc., todas las veces que sea posible, midiéndose por este medio líneas de bastante estension; pero muchas veces será necesario mayor exactitud, sobre todo en líneas mas cortas, ó cuando hay que apreciar las fracciones de línea que resultan siempre que la unidad no está contenida un número exacto de veces en la línea que se mide. Para apreciar estas fracciones se encuentra subdividida la unidad, en los sistemas usuales de medida, en varias partes mas pequeñas, y tomando una de estas subdivisiones se colocará sobre la fraccion las veces que sea posible, repitiendo lo mismo con la nueva fraccion que pueda resultar. Pero llega el caso en que la subdivision de la unidad se hace de tan poca estension que no se puede marcar sobre la medida, y para poder en tal caso medir con una subdivision menor que la mas chica marcada en la línea ó patron que se emplea, se hace uso de un sencillo aparato llamado *Vernier.*

10. Vernier (*fig.* 1). Supongamos una regla *A*, dividida por ejemplo en centímetros; la subdivision siguiente es el milímetro, ó sea la décima parte de una de las divisiones que hemos supuesto marcadas en *A:* suponiendo que no sea facil dividir en 10 partes una de estas divisiones por ser demasiado pequeña,

Fig. 1.ª

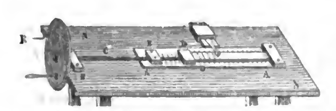


se añade una regla *B*, cuya longitud sea de 9 partes de las de *A*, y se divide en 10 partes iguales, que resultarán naturalmente menores que las de *A;* veamos cuál será la diferencia: 9 partes de *A* componen 10 de *B*, luego cada una de estas será $^9/_{10}$ de una de *A*, que valdrá 1; por consiguiente $1-^9/_{10}$ es $^1/_{10}$; luego la diferencia entre una parte de la regla *A* y otra de la *B*, es de $^1/_{10}$ de la pri-

mera, y si, como hemos supuesto, se encuentra *A* dividida en centímetros, la diferencia $^1/_{10}$ de un centímetro será un milímetro. Dispuesta la regla *B* de modo que pueda correr á lo largo de la regla *A*, supongamos que se trata de medir la longitud de la pieza *C*; coloquemos esta al lado de la regla *A*, de modo que coincidan perfectamente por un estremo, y corramos el Vernier *B* hasta que toque á *C* en el otro estremo, como se marca en *A' B'*; desde luego podemos leer que la longitud de *C* es 10 centímetros y una porcion de centímetro desde *T* hasta *S*, estremo de *C*: para apreciar esta porcion nos sirve el Vernier; en efecto, observemos que la línea de la division 4 de *B'* coincide con otra de la *A'*, y como hemos visto que cada division de la *A'* se diferencia de cada una de *B'* en un milímetro, tendremos que la diferencia *OP* es 1 milímetro, la *RH* será 2 milímetros, la *LZ* 3, y la *ST* 4; por tanto la pieza *C* tiene 10 centímetros y 4 milímetros, ó sea 10^c,4: resulta de esto que el número de divisiones enteras le veremos en la regla mayor y el de la fraccion en el número que tenga la linea de la regla *B* que coincide con otra de la *A*; y si no hay ninguna que coincida, tomaremos la que mas se aproxime, despreciando el error, que siempre tendrá que ser menor que la diferencia entre una division de *A* y otra de *B*. Si no fuera décimas partes, y sí otra cualquiera fraccion la que quisiéramos apreciar, se formaría el Vernier de un modo análogo, tomando tantas partes de la regla principal, menos una, como sea el denominador de la fraccion que se ha de apreciar, y dividiendo estas en una parte mas que el número de las tomadas. El Vernier se construye á veces sobre un arco de círculo, y entonces recibe el nombre de *nonio*.

11. Rosca micrométrica. Otro aparato con el que pueden apreciarse fracciones mucho mas pequeñas que con el Vernier, es la *rosca micrométrica* (*fig* 2). Se compone de una regla dividida *A*, sujeta en una mesa *N*. La regla y la mesa tienen dos piezas en las que entra un tornillo ó rosca *C*, terminada por un estremo en la pieza *D* y por otro en un disco *H* fijo á ella. Supongamos que la regla está dividida en centímetros, y que la rosca está construida de manera que tenga que dar diez vueltas para que la pieza *D* unida á ella avance 1 centímetro; en este caso para cada vuelta de la rosca avanzará *D* la décima parte de 1 centímetro, ó sea 1 milímetro: supongamos además que el disco *H* tiene dividida en 100 partes su circunferencia, y que hay una aguja *R* unida á la mesa *N*, que señala una division del disco; para cada vuelta de la rosca anda el disco las 100 partes, luego si solo avanza este de modo que la aguja *R* marque la division inmediata, el disco y la rosca han hecho la centésima parte de una vuelta; y como la pieza *D* avanza 1 milímetro en una vuelta, habrá avanzado *D* en este caso la centésima parte de 1 milímetro, ó sea 1 cienmilímetro. Esto supuesto, si tratamos de medir la longitud de la pieza *S*, la colocaremos sobre *A*, y correremos la rosca hasta que *D* toque á *S*; contando las divisiones enteras de *A*, por ejemplo 15, conoceremos los centímetros que tiene *S* de longitud. Para apreciar ahora la fraccion de centímetro comprendida desde la última division *O* hasta el estremo de *D*, quitemos la pieza *S*, y supongamos que la aguja *R* marca en el disco la division 20; dando vueltas á *H*,

Fig. 2.

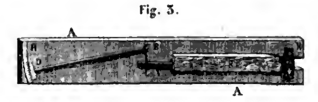


tantas veces como el 20 llegue á *R*, por ejemplo 5, serán vueltas enteras de la rosca, ó lo que es lo mismo, milímetros. Supongamos que despues de las 5 vueltas tiene que girar el disco todavía de una cantidad para que el estremo de la pieza *D* coincida exactamente con la division *O*, por ejemplo, que cuando esto suceda marque la aguja *R* la division 58 del disco; tendremos que desde la division 20 en que concluyó la vuelta hasta la 58 hay 38 divisiones, que son las que ha andado el disco de las 100 en que está dividido, luego *D* ha avanzado 38 cienmilímetros, y la pieza *S* tiene 15 centímetros, 5 milímetros y 38 cienmilímetros, ó lo que es lo mismo, $15^{mm},538$. Es evidente que construyendo un aparato en que *A* esté dividida en partes mas pequeñas, y el disco *H* en mayor número que 100, se podrán apreciar fracciones mucho menores que el cienmilímetro que antes hemos supuesto.

12. Máquina de dividir. Si suponemos que á la rosca micrométrica se añade una pieza fija en la mesa *N*, que lleve un buril ó estilete con un movimiento perpendicular á la direccion de la rosca, y que se une á esta rosca la pieza *S* lo mismo que hemos supuesto que lo está la *D*, podremos hacer avanzar á *S* de cantidades iguales muy pequeñas, y marcar en ella, con el buril, divisiones á distancias iguales ó desiguales sumamente juntas; en este caso, el aparato lleva el nombre de *máquina de dividir*, y es de muchas aplicaciones en la construccion de escalas de los aparatos de precision y en el arte del grabador.

13. Comparador. La rosca micrométrica puede servir para comparar entre sí dos longitudes distintas, pero puede para este objeto hacerse uso de otro aparato mas sencillo llamado comparador (*fig.* 3). Se compone este de una plancha *A* que tiene fija en *B* una pieza *L B D* angular; en el estremo *D* lleva esta pieza un nonio que se mueve sobre el arco graduado *H*, y en el otro estremo *L* lleva una pieza *T* que puede moverse sobre su punto de union: completa el aparato el apoyo *R* que se sujeta á la plancha *A* por medio de un tornillo en el punto necesario. Supongamos que el brazo *BD* sea diez veces mas largo que el *BL*; si la pieza *LBD* se mueve, describirán sus estremos *L* y *D* dos arcos cuyo centro será *B*, y cuyas estensiones serán proporcionales á los radios *BD* y *BL* con que están descritos, pudiendo suponer líneas rectas las pequeñas partes de estos arcos. Supongamos dividido el *H* en milímetros; si se coloca en este aparato una barra *S* que apoye en *R*, tendremos en *H* marcada una division cualquiera; quitemos esta barra y pongamos otra mas larga, apoyando siempre en *R*, que no se moverá; el punto *L* adelantará y el estremo *D* pasará hácia *H*, que si por ejemplo ha pasado dos divisiones, ó sea 2 milímetros, el punto *L* habrá adelantado de la décima parte, ó sea 2 diezmilímetros, y esta será la diferencia de longitud entre las dos barras. Haciendo mas largo el brazo *B D* con respecto al *B L* y menores divisiones en el arco *H*, apreciando con el nonio (10) lo que avanza el estremo *D*, se concibe qué pequeñas podrán ser las diferencias que se midan.

Fig. 3.



14. Medida del grueso de hilos delgados. Cuando hay que medir el grueso de un hilo muy delgado, por ejemplo el de un gusano de seda, se arrolla sobre una barrita de cristal, cuidando de que las vueltas se toquen una á otra, mirando con un anteojo; despues se mide en la rosca micrométrica la

estension de todas las vueltas, y dividiendo por el número de ellas se tiene el diámetro del hilo.

Un método semejante se emplea para medir gruesos muy pequeños; en este caso se colocan muchos cuerpos uno sobre otro y se mide el grueso de todos por medio de la rosca, dividiendo por el número de ellos; este método se emplearia para medir el grueso de un pan de oro por ejemplo.

Hay algunos otros aparatos, pero no tan exactos como los dichos, por lo que omitimos su descripcion.

CAPITULO III.

IMPENETRABILIDAD.

15. Definicion. Se llama *impenetrabilidad, la propiedad que tiene la materia de no poder dos porciones de ella ocupar á un mismo tiempo el mismo espacio.* Esta propiedad se concibe perfectamente, pues si suponemos un espacio completamente lleno, es evidente que no podremos colocar en él ni un solo átomo de materia. Pero el espacio que un cuerpo nos parece ocupar no le llena en realidad, pues todo cuerpo tiene sus moléculas mas ó menos separadas y no en contacto, y por tanto, si esta distancia de una á otra disminuye, se comprende que en el lugar que antes aparecia ocupado por el cuerpo se pueda colocar otro; así sucede, por ejemplo, cuando se mete un clavo en un pedazo de madera; y de aquí que los cuerpos parezcan penetrables. Tambien se concibe que aun sin unirse las moléculas de un cuerpo puedan colocarse las de otro en el espacio que media entre las del primero, y varios ejemplos tenemos de que así se verifica en muchos casos; la mezcla de algunos metales ocupa menos espacio que ocupaban los metales antes de mezclarse; si se coloca agua en un tubo cerrado por un estremo y encima se echa alcohol hasta llenarle, tapando despues é invirtiéndole para que los dos líquidos se mezclen, veremos que el tubo no queda completamente lleno, lo que prueba que una parte de un líquido ha penetrado en el lugar ocupado por el otro; lo mismo resulta con agua y ácido sulfúrico. Si en un espacio en que no hay nada de aire ni otro cuerpo ninguno, es decir, en un espacio vacío, se coloca una pequeña cantidad de líquido que pueda producir vapor, le producirá en efecto, y si colocamos el mismo líquido en otro recipiente lleno de aire, el vapor se producirá tambien, prueba de que este penetra en el aire. Resulta de lo dicho, que no debemos suponer á los cuerpos impenetrables, sino á la materia, pues los hemos visto dejarse penetrar, lo mismo en estado de sólidos como de líquidos ó gases.

16. Impenetrabilidad de los gases por los líquidos. De la impenetrabilidad de la materia resulta hasta cierto punto la de muchos cuerpos, y en prueba pudiéramos citar gran número de esperimentos, entre los que son impertantes por sus aplicaciones los que hacen ver que un gas no se deja penetrar por un líquido. Si se introduce un vaso boca abajo en agua, no entra esta en el vaso

por impedirlo el aire contenido en él; y si se quiere hacer mas vistoso el esperimento, puede ponerse sobre el líquido una cerilla encendida sostenida por un corcho; poniendo el vaso de modo que la cerilla quede dentro y hundiéndole en el agua, la cerilla tambien se hunde, y parece que arde dentro del líquido. Otro esperimento puede probar lo mismo: pongamos un embudo de cuello estrecho *A* (*fig.* 4), atravesando ajustado el corcho de una botella que la tape bien; si se echa agua en el embudo no entrará en la botella, porque el aire que esta contiene no podrá salir á menos que sea el cuello del embudo bastante ancho para dar entrada al agua y salida al aire. Puede hacerse el esperimento con un frasco de dos bocas y poner un tubito abierto *B* en la segunda: si se tapa con el dedo este tubo el agua no entrará en el frasco, pero si le destapamos, tendrá el aire salida y entrará el agua.

Fig. 4.



17. Aislar y trasvasar los gases. Una aplicacion importante de esta propiedad es la de aislar los cuerpos gaseosos. Supongamos un vaso lleno de gas: es evidente que siendo tambien gas el aire, se mezclarian los dos ó se marcharia el del vaso, y no sería facil estudiar sus propiedades ni tenerle puro; pero supongamos que en un recipiente de agua *D* (*fig.* 5) se colocan unas campanas *B* llenas tambien de agua: si hacemos llegar el gas desde el punto *A* ó *F* donde se produce por tubos *C* al interior de las campanas, el gas irá entrando en ellas y el agua bajará aislándole. Si despues queremos pasarle de un recipiente á otro, por ejemplo á una campana *S* (*fig.* 6) ó sea trasvasarle, se llena de agua la dicha campana *S* donde ha de pasar; inclinando la *T* que contiene el gas, pasará este á *S* en la cantidad que sea necesaria. El recipiente *A* de agua donde estas operaciones se practican, se llama ***cuba hidro-neumática***; y si en lugar de agua contiene mercurio, toma el nombre de cuba ***hidrargiro-neumática***. Si la campana que ha de contener el gas es poco menos grande que la cuba, se construye de hierro ó madera, y contiene el gas en mucha cantidad, tomando el nombre de ***gasómetro***, cuya utilidad y construccion veremos mas adelante.

Fig. 5.

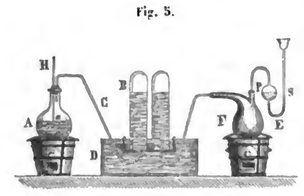
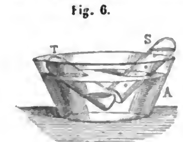


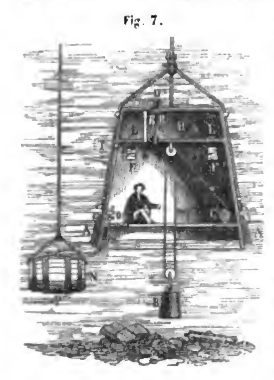
Fig. 6.



18. Campana de buzos. La campana de buzos es otra aplicacion de la impenetrabilidad del aire; hemos dicho que introduciendo en agua un vaso invertido, ésta no penetra dentro de él (16); supongamos que este vaso sea una campana grande que pueda contener uno ó mas hombres, y comprenderemos sin dificultad que estos hombres podrán penetrar á mucha profundidad en una masa líquida dentro de la de aire que contiene la campana; este es en principio el aparato llamado ***campana de los buzos***, pues con él pueden, descendiendo al fondo del agua varias personas, hacer trabajos, buscar objetos sumerjidos, ó reconocer el lecho sobre que se encuentran las aguas. Vamos á examinarle detalladamente. Spalding

las ha hecho de madera en forma cónica (*fig.* 7), con fuertes aros de hierro para sujetar las duelas, colgando pesos *A* en su borde inferior, repartidos igualmente para que la campana se sumerja. Además de estos pesos, que se hace no sean bastante para sumerjirla completamente, cuelga otro peso grande *B* del interior de la campana por medio de una larga cuerda que puede acortarse, arrollándola en un cilindro *C* colocado dentro de la misma campana: si esta se engancha por un lado al descender y amenaza volcarse, no hay mas que soltar cuerda para hacer que el peso *B* llegue al fondo, y de este modo la campana se hace mas ligera y no desciende, pero se evita que vuelque. Lo mismo se hace si la cadena ó cuerda que la baja se rompe, pues en tal caso se va alargando la cuerda del peso *B* y la campana va subiendo. Además de esto ha añadido Spalding un segundo cuerpo *H* en la parte superior, aislado enteramente del resto de ella: este cuerpo tiene unas aberturas *L* en su parte inferior, y otra *D* en la superior, que puede cerrarse ó abrirse desde la otra division de la campana, con una válvula *R*. Al descender la campana en el agua se abre esta válvula *R*, y el aire, saliéndose por *D*, permite la entrada del agua por *L*, llenándose el cuerpo *H*, en cuyo caso la campana se hace mas pesada; cuando se quiere aligerar se cierra la válvula *R* y se abre otra *E* en la division de los dos cuerpos: en este caso el aire del cuerpo inferior sube al superior por un tubo colocado en *E* y desaloja el agua, que va saliendo por *L*. Como en el cuerpo inferior falta el aire va penetrando el agua, pero haciendo entrar en él aire nuevo, va el agua descendiendo y se hace la campana tan ligera, que puede por sí sola subir á la superficie. Para introducir este aire, ó para renovarle cuando está viciado, se hacen descender toneles lastrados como el *N*, llenos de aire, y con una manga *S* que tiene en su estremo la llave *O* dentro de la campana: estos toneles tienen una abertura *P* en su parte inferior. Cuando se quiere que el aire del tonel pase á la campana se abre la llave *O* de la manga, y el aire sale del tonel por ella, reemplazándole el agua, que por *P* va introduciéndose en él. Para hacer salir de la campana el aire viciado está la abertura *T*, que se tapa con una válvula, y se abre cuando es necesario. La campana se ilumina por medio de lámparas que los hombres se atan á la cintura, ó por las ventanas *F*, cerradas con fuertes cristales. En el dia se hacen campanas muy sencillas de hierro fundido de una sola pieza, cónicas, ó mas bien de la forma de troncos de pirámide cuadrangular con poca diferencia entre sus dos bases. Una campana para dos personas se hace de 2 metros de altura y $1^m,5$ de lado en la base mayor, dando un grueso de 6 á 7 centímetros á las paredes, y en este caso la campana se sumerje sin añadirla peso. En el interior se colocan asientos para que los hombres puedan colocarse al descender. Para renovar el aire y que los hombres puedan permanecer todo el tiempo que sea necesario debajo del agua, llevan en su parte superior las campanas un orificio que se abre cuando es necesario por medio de una válvula que

Fig. 7.



mantiene cerrada la presion del aire de la campana; á este orificio se encuentra unida una manga que llega hasta fuera del agua, por la cual haciendo uso de un aparato llamado bomba, que mas adelante describiremos, se hace entrar aire del esterior, el que comprimido abre la válvula por encima y entra en la campana, saliendo el viciado de esta por la parte inferior cuando el agua baja hasta el borde; siendo este método preferible al de los toneles que antes hemos dicho. Es necesario introducir por cada hombre lo menos **4** ó **5** metros cúbicos de aire por hora, ó sean **230** pies cúbicos, atendiendo á que será corto el tiempo que permanecerán en la campana, porque en otro caso no sería suficiente esta cantidad, como veremos mas adelante. Estas campanas se alumbran con linternas ó por medio de gruesas lentes de cristal colocadas en **10** ó **12** agujeros circulares abiertos en la parte superior, y contenidos por rebordes de hierro con fuertes tornillos y muy bien embetunadas las juntas, dando estas ventanas suficiente luz aunque sea grande la profundidad, si el agua no está turbia ó el dia muy nublado. Para hacer descender las campanas se ponen **4** fuertes cadenas unidas á sus ángulos, que despues se reunen en una sola arrollada en un torno. Las señales ó avisos desde la campana al esterior se hacen por golpes dados en las paredes de esta, ó con una campanilla. El aire comprimido de la campana produce dolor en los oidos, que se evita tragando aire con la boca y la nariz cerrada.

Se han hecho otros aparatos para sumerjirse, que consisten en cajas cilíndricas donde los hombres introducen la mitad superior del cuerpo, y en las que se renueva el aire por medio de mangas desde el esterior. Usan tambien unos trajes de tela impermeable con cristales delante de la cara, y poco ceñidos al cuerpo para que contengan aire, que se renueva tambien desde el esterior. Estos trages se usan tambien y son de grande utilidad en los incendios, para penetrar en sitios donde el humo sofocaria.

CAPITULO IV.

DIVISIBILIDAD.

19. Definicion. *La divisibilidad es la propiedad que tienen los cuerpos de poderse fraccionar ó reducir á pequeños pedazos.* La divisibilidad matemática llega al infinito, pues se concibe que un cuerpo puede fraccionarse por ejemplo en dos pedazos y cada uno de estos en otros dos, y siguiendo de este modo el límite será el infinito; pero la divisibilidad física no puede suponerse así porque no se esplicarian muchos fenómenos químicos si la materia fuera divisible hasta el infinito: por esta razon se admite que los cuerpos son divisibles hasta reducirse á unas partículas sumamente pequeñas, que hemos dicho (1) se llaman átomos, los cuales no son divisibles.

20. Divisibilidad mecánica. La divisibilidad mecánica no alcanza á los átomos sin embargo de que en algunos casos puede llevarse hasta un punto sorprendente. En efecto, un grano de oro puede reducirse á dos millones de pedazos visibles, y tambien pueden hacerse láminas ó *panes* del mismo metal tan delgadas que sea necesario sobreponer trescientas mil para que formen el grueso de una

pulgada; el platino se reduce á un alambre tan delgado, que 90 leguas de él pesan menos de dos onzas; y Wollaston hizo alambres menos gruesos todavía, cubriendo uno muy delgado de platino con una capa de plata; en este estado le pasó por la hilera, y disolviendo despues la plata con ácido nítrico, obtuvo 1 alambre de $^1/_{1200}$ de milímetro en su grueso, y del que 1000 metros pesaban solo 5 centígramos, ó lo que es lo mismo, 1200 varas pesaban un grano próximamente. Tambien se obtiene el cristal en películas de una tenuidad estremada, fundiendo la punta de un tubo y soplando con fuerza por la otra punta.

21. Divisibilidad natural. La naturaleza nos presenta ejemplos de una divisibilidad que escede en mucho á cuanto dejamos indicado. Un pedazo de carmin da color á una cantidad de agua diez millones de veces mayor que él; una pequeñísima cantidad de almizcle desprende moléculas de las cuales un corto número llega á herir el órgano de nuestro olfato, y esta sensacion se puede producir por algunos años; un frasco que ha contenido esencia de rosa conserva el olor por mucho tiempo aunque se le lave perfectamente, prueba que existe todavía bastante cantidad de esencia para exhalar partículas que solo el olfato percibe. Si pasamos á ejemplos de estremada pequeñez, los encontraremos sorprendentes. Los animales llamados infusorios, que se crian en los líquidos, son de un tamaño tan sumamente pequeño, que en la gota líquida que puede suspenderse en la punta de una aguja están contenidos algunos millares de ellos, y tienes órganos para todas sus funciones; siendo facil imaginar cuál será el tamaño de estos órganos. Los glóbulos de la sangre son tan pequeños, que la gota que toma la punta de una aguja contiene cerca de un millon.

22. Medios de dividir los cuerpos. Los medios empleados para dividir los cuerpos son varios. Se emplea la percusion con martillos, mazos, pilones y cuñas; el rozamiento de cuerpos ásperos con las limas, rallos, sierras y molinos; se dividen tambien los cuerpos disolviéndolos ó reduciéndolos á vapor; tambien sublimándolos, es decir, convirtiéndolos en vapor y enfriando este de pronto, medio que se emplea con el azufre y otros; se obtiene carbon muy dividido ó negro de humo enfriando el gas que resulta de una combustion imperfecta; finalmente, se divide un cuerpo agitando el líquido en donde está cristalizando, que es el método empleado cuando se quiere la sal comun dividida. Para obtener algunos cuerpos en estado de polvo estraordinariamente fino, se dividen por alguno de los medios dichos y se echan en agua agitando bien; despues se deja posar, y el agua turbia que resulta encima del poso se decanta y filtra por un papel, quedando sobre este un polvo sumamente fino: así se obtienen los cuerpos que sirven para bruñir placas metálicas y para algunos otros usos delicados.

CAPITULO V.

MOVILIDAD.

23. Definicion. *Es la propiedad que tienen los cuerpos lo mismo que la materia de poder cambiar de lugar en el espacio, por la accion de un agente ó causa que*

se llama fuerza: esta propiedad puesta en accion es lo que se llama *movimiento.* Resulta de lo dicho que fuerza es *todo lo que puede ser causa de movimiento;* y que un cuerpo se mueve *cuando está trasladándose de un punto á otro,* y no se mueve ó permanece en *reposo* cuando *está fijo en un mismo punto del espacio.* El reposo es *absoluto ó relativo;* se llama absoluto cuando el cuerpo permanece siempre en un mismo punto del espacio, y este es el verdadero reposo; se llama relativo, cuando ocupa el cuerpo el mismo lugar con respecto á todos los demás cuerpos que le rodean, pero no le ocupa en el espacio. Un cuerpo sobre la superficie de la tierra, por ejemplo un edificio, permanece en el mismo punto de esta y no se acerca ni aleja de los demás edificios ó cuerpos que le rodean, pero la tierra se mueve, y por tanto el edificio, que marcha con ella, no ocupa siempre el mismo lugar en el espacio, de modo que está en reposo relativo; vemos que este no es un verdadero reposo, pero como el absoluto no existe en la naturaleza, se hace abstraccion del movimiento de la tierra y se toma como reposo el relativo.

24. Especies de movimiento. El movimiento se divide en *uniforme* y *variado;* es *uniforme* cuando en tiempos iguales recorre el cuerpo espacios iguales, por ejemplo, una vara por segundo; es *variado* cuando en tiempos iguales recorre espacios desiguales, por ejemplo 2 pies en el primer segundo, 5 en el segundo y 3 en el tercero. El movimiento variado puede ser *acelerado ó retardado:* será *acelerado* cuando el cuerpo recorra en cada tiempo un espacio mayor que en el tiempo anterior, por ejemplo, en el primer segundo 2 pies, en el segundo 4 y en el tercero 9: será *retardado* cuando en cada tiempo recorra un espacio menor que en el anterior, como 7 pies en el primer segundo, 5 en el segundo y 2 en el tercero. Finalmente, el movimiento es *uniformemente acelerado* cuando los espacios corridos aumentan segun una ley constante; por ejemplo 2 pies en el primer segundo, 4 mas, ó sean 6 en el segundo, 4 mas, ó sean 10 en el tercero, y 14 en el cuarto; y es *uniformemente retardado* cuando disminuye del mismo modo: 7 pies en el primer segundo, 2 menos, ó 5 en el segundo, y 3 en el tercero.

25. Velocidad. Se llama velocidad *al mayor ó menor espacio recorrido por un cuerpo en un tiempo dado;* es decir, que un cuerpo tiene mayor velocidad que otro, cuando en el mismo tiempo recorre un espacio mayor que él.

26. Fuerzas. El estudio de las fuerzas es de la mayor importancia, pues ellas producen movimiento y á veces reposo en los cuerpos; y aunque este estudio pertenece á la ciencia llamada mecánica, necesitamos dar á conocer algunos de los principios relativos á ellas, porque nos serán indispensables en adelante, pero consignaremos solo estos principios sin entrar en su demostracion.

En una fuerza hay que considerar su *direccion*, su *intensidad*, y el punto del cuerpo á que se encuentra aplicada. La direccion de una fuerza es evidente que estará bien representada por una línea recta; esta fuerza mayor ó menor, es decir, mas ó menos *intensa*, podrá tambien representarse haciendo mas corta ó mas larga la línea que marque su direccion; y finalmente, el punto de aplicacion podrá estar representado por el estremo de la línea que toque al cuerpo. Además, como una línea puede marcar dos direcciones, se da la forma de una flecha á la línea que representa una fuerza, y de este modo no hay error.

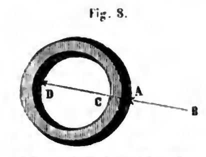
Se dice que una fuerza es instantánea cuando obra solo en el momento de su

aplicacion, un golpe por ejemplo: es contínua cuando obra en todos los instantes que dura el movimiento. Si las fuerzas contínuas tienden á acelerar el movimiento del cuerpo se llaman *aceleratrices*, y si tienden á retardarle son *retardatrices*. Si á un cuerpo se le aplica una fuerza, se dice que el cuerpo está solicitado por la fuerza, y el camino andado en tal caso será siempre rectilíneo. Si son dos ó mas las fuerzas que concurren á producir el movimiento, forman lo que se llama un *sistema de fuerzas*, pero el camino andado por el cuerpo no puede ser mas que uno, y por tanto podremos suponer una sola fuerza que produzca el mismo efecto que todas reunidas. Esta fuerza única que puede sustituirse á todas las de un sistema es la que se llama *resultante*, siendo sus *componentes* las fuerzas á que puede sustituir.

En un sistema de fuerzas puede haber unas que tiendan á producir un movimiento, y otras que tiendan á destruir el efecto producido por estas: las primeras forman lo que se llama la *potencia*, y las segundas la *resistencia*.

27. Traslacion de una fuerza de un punto á otro. Una fuerza puede trasladarse de un punto á otro en un cuerpo, pero con varias condiciones. Supongamos (*fig.* 8) una fuerza *AB* aplicada al punto *A*; esta fuerza podrá trasladarse á otro punto *D*, con la condicion de que este punto se encuentre en la prolongacion de la *AB*, y que esté íntimamente unido al *A*, quedando además la fuerza *CD* en la misma direccion que la *BA* y de igual intensidad: faltando cualquiera de estas condiciones, la fuerza trasladada no producirá el mismo efecto que antes de trasladar.

Fig. 8.



28. Relacion entre fuerzas, masas y velocidades. *Dos fuerzas son proporcionales á las masas que ponen en movimiento con igual velocidad.* Si por ejemplo una fuerza hace andar un cuerpo 10 varas en 1 minuto, y otra fuerza hace andar á un cuerpo de doble masa que el primero las mismas 10 varas en 1 minuto, esta última fuerza tendrá que ser doble que la primera.

Dos fuerzas son proporcionales á las velocidades con que ponen en movimiento dos masas iguales. Si suponemos que una fuerza hace andar á un cuerpo 10 varas en 1 minuto y otra hace andar á un cuerpo de igual masa que el anterior 20 varas en 1 minuto, esta segunda fuerza será doble que la primera.

Las velocidades de dos cuerpos están en razon inversa de sus masas. Si una fuerza se aplica á un cuerpo cuya masa es 4, y este anda un espacio de 6 varas, la misma fuerza aplicada á un cuerpo cuya masa sea doble, ú 8, no le hará andar mas que la mitad, ó 3 varas, en el mismo tiempo.

Dos fuerzas son proporcionales á las masas que ponen en movimiento multiplicadas por las velocidades con que las ponen. Por ejemplo, si una fuerza hace mover una masa con la velocidad de 10 varas por minuto, y otra fuerza hace mover una masa doble con la velocidad de 20 varas por minuto, esta segunda fuerza será cuatro veces mayor que la primera, pues hay la proporcion, 1.ª fuerza es á 2.ª como 1 masa × 10 velocidad es á 2 masa × 20 velocidad, ó como 10 : 40, y 40 es cuatro veces mayor que 10. Al producto de la masa por la velocidad de un cuerpo se llama su *cantidad de movimiento*.

29. Medicion de fuerzas. Una fuerza puede medirse de varios modos.

Hay un aparato llamado *dinamómetro*, que sirve para medir la intensidad de una fuerza. Se compone el dinamómetro (*fig.* 9) de una fuerte barra de acero encorvada *A*, que tiene unidos á sus estremos *D* y *L* dos arcos tambien de acero, el *B* unido en *D* y atravesando el estremo *L*, y el *C* unido en *L* y atravesando *D*. Fijo el estremo *C* en un punto resistente, y aplicando una fuerza de traccion en *B*, la barra *A* se cierra, y marca en una escala formada en el arco *B* el esfuerzo producido. Esta escala se forma aplicando á *B* fuerzas conocidas, por ejemplo, 1, 2, 3 arrobas, y marcando el punto á que llega en el arco *B* el estremo *L*, escribiendo en las diferentes marcas el número de arrobas que representan. Otra forma de dinamómetro está representada en la *figura* 10. Es un anillo prolongado *AA'* de acero, que lleva en *B* una pieza *C* unida por una articulacion móvil á la aguja *EH*, que está fija en *E;* esta aguja se apoya en otra *L* fija en el centro de un arco *N* dividido en partes. Aplicando al aparato una fuerza que tienda á unir el punto *B* con el *E*, la pieza *C* mueve la aguja *H*, la cual hace girar á la *L;* cuando cesa la fuerza, la aguja *H* vuelve á su posicion primera, pero la *L* se queda marcando el punto donde la hizo llegar el mayor esfuerzo producido.

Fig. 9.

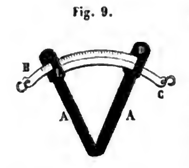
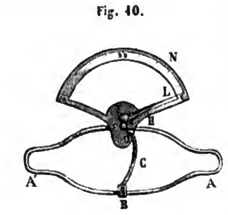


Fig. 10.



Este aparato se gradua como el anterior, aplicando fuerzas conocidas y marcando en el arco *N* las posiciones de la aguja *L*. Puede sujetarse el estremo *A* en un punto fijo resistente, y aplicar la fuerza en el otro estremo opuesto *A'*, y la separacion de estos puntos tenderá á unir el *B* y *E*, produciéndose el mismo efecto que antes hemos dicho, pero midiendo fuerzas mayores, por lo que necesitará otra graduacion. Los dinamómetros que se emplean para esperimentos de precision tienen en la aguja *L* un lapiz que marca sobre un papel móvil líneas curvas, en las que están representados los esfuerzos de cada momento; el papel se mueve por una sencillo mecanismo de relojería.

Puede medirse tambien una fuerza sustituyéndola por un peso que produzca el mismo efecto.

Las fuerzas instantáneas producidas por la percusion son difíciles de medir, y siempre son mayores que las representadas por una presion de igual intensidad pero sin choque. Si se golpea con un mazo en la cabeza de una estaca para introducirla en tierra, el efecto producido por la masa del mazo en movimiento será mayor que si se aplicara una fuerza de presion igual, pero sin choque.

30. Unidades de medida para las fuerzas. De lo dicho anteriormente (29) resulta, que las unidades de medida para las fuerzas son las usuales de peso, como quintal, arroba, kilógramo, etc. Hay tambien otra unidad llamada atmósfera, que es la presion que ejerce sobre una superficie dada una columna de aire cuya altura sea la que tiene la capa de este fluido que rodea nuestro globo. Pero tambien hay que apreciar el efecto producido por una fuerza, ó sea el trabajo que produce, y para medirle hay otras unidades. Una es el *kilográmetro*, que es la fuerza

necesaria para elevar 1 kilógramo de peso á 1 metro de altura en 1 segundo, ó sea 6 $^1/_2$ arrobas á 3 pies 7 pulgadas; otra es el *caballo de vapor*, que equivale á 75 kilográmetros, ó próximamente 2 caballos de tiro; y otra la *grande unidad dinámica ó dinamia, que se compone de mil kilográmetros.*

31. Motores. *Todo lo que produce fuerza se llama motor*, y es tan variable el efecto de los motores que puede decirse es distinto en cada caso particular, pues la velocidad, el modo de accion y el tiempo de trabajo, además de otras causas, hacen diferente su efecto; ponemos sin embargo á continuacion una tabla tomada de Morin, del efecto observado en los motores de sangre, ó sea en el hombre y los animales.

Tabla del efecto util de los motores de sangre.

HOMBRES ELEVANDO PESOS.	Kilográmetros por segundo.	Horas de trabajo diarias.	Trabajo total diario en kilográmetros.
Con una cuerda y polea bajando vacío...........	3,6	6	77,760
Con la mano..................................	3,4	6	73,440
Sobre la espalda por rampa ó escalera volviendo de vacío..................................	2,6	6	56,160
Por rampa hasta de 9 p. $^o/_0$ de inclinacion con una carretilla volviendo de vacío................	1,2	10	43,200
Elevando tierras con la pala á la altura media de 6 pies..................................	1,07	10	38,800
HOMBRES TRASPORTANDO PESOS EN CAMINO HORIZONTAL.			
Con carritos de dos ruedas, volviendo de vacío....	50	10	1.800,000
Con una carretilla, volviendo de vacío...........	30	10	1.080,000
Sobre la espalda..............................	30	7	756,000
Sobre la espalda, volviendo de vacío............	32,5	6	702,000
Con una parihuela, volviendo de vacío..........	16,5	10	594,000
HOMBRES HACIENDO ESFUERZOS SOBRE MAQUINAS.			
Andando y tirando ó empujando horizontalmente..	7,2	8	207,360
Sobre un manubrio...........................	6	8	172,800
Tirando y empujando alternativamente en direccion vertical..................................	5,5	8	158,400
ANIMALES.			
Caballo enganchado en un coche, al paso.........	63	10	2.168,000
Caballo enganchado en un malacate, al paso......	40,5	8	1.166,400
Caballo enganchado en un malacate, al trote	60	4,5	972,400
Buey enganchado en un malacate, al paso.......	39	8	1.123,200
Mula enganchada en un malacate, al paso.......	27	8	777,600
Burro enganchado en un malacate, al paso.......	11,6	8	334,080
Caballo trasportando en carro en terreno horizontal, al paso..................................	770	10	27.720,000
Caballo trasportando en carro en terreno horizontal, al trote........	770	4,5	12.474,000
Caballo trasportando en carro, volviendo de vacío..	420	10	15.120,000
Caballo cargado sobre el lomo, al paso..........	132	10	4.752,000
Caballo cargado sobre el lomo, al trote.........	176	7	4.435,000

32. Resultantes. Un cuerpo puede estar solicitado por varias fuerzas de muy distintas maneras, siendo diferente el modo de encontrar las resultantes en cada caso. El siguiente cuadro presenta estos casos, y esplicaremos en ellos el modo de encontrar la resultante.

					Casos
Fuerzas aplicadas al mismo punto........................	Dos....	En la misma direccion			1.°
		En direccion opuesta....	Iguales........		2.°
			Desiguales....		3.°
	Fuerzas formando ángulo	Dos			4.°
		Tres ó mas en el mismo plano.			5.°
	Varias fuerzas que no estan en el mismo plano..				6.°
Fuerzas aplicadas á distintos puntos...	Paralelas.	Dos.	En una misma direccion..............		7.°
			En direccion opuesta..	Desiguales....	8.°
				Iguales........	9.°
		Tres ó mas en direccion cualquiera..........			10.°
	Dos no paralelas............	En el mismo plano.........			11.°
		En distinto plano..........			12.°
Fuerzas aplicadas al mismo y á distintos puntos en direccion cualquiera.......					13.°

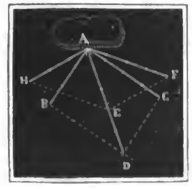
Examinemos el modo de encontrar la resultante en todos estos casos.

1.er caso. *Dos fuerzas aplicadas al mismo punto en la misma direccion, tienen por resultante la suma de ellas aplicada al mismo punto y en la misma direccion.* Si dos mulas tiran de un carro en reata y la una puede arrastrar 20 arrobas y la otra 25, arrastrarán juntas $20+25=45$, lo mismo que una sola que pudiera arrastrar esta cantidad. Si son mas de dos las fuerzas en la misma direccion, se sumarán igualmente.

2.° caso. *Dos fuerzas iguales aplicadas al mismo punto y en direccion opuesta, se destruyen completamente, es decir, que tienen por resultante cero.* Si se enganchan dos caballerías, una en las varas de un carro y otra en la parte opuesta, tirando las dos con igual fuerza, el carro no se moverá. De esto se deduce que se pueden añadir á un sistema de fuerzas, dos iguales y opuestas sin que influyan en el estado de reposo ó movimiento del cuerpo, no influyendo tampoco en este último caso en la direccion y velocidad del movimiento; así se hace frecuentemente en las demostraciones de la mecánica.

3.er caso. *Dos fuerzas desiguales aplicadas al mismo punto y en direccion opuesta, tienen por resultante la diferencia de las dos, aplicada al mismo punto y en direccion de la fuerza mayor.* Si, por ejemplo, una fuerza de 6 kilógramos tira de un cuerpo y otra de 10 tira en direccion opuesta, el cuerpo se moverá en direccion de la fuerza 10 con una igual á 4.

Fig. 11.

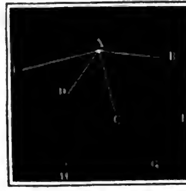


4.° caso. *Dos fuerzas aplicadas al mismo punto formando ángulo, tienen por resultante en direccion é intensidad la diagonal del paralelógramo formado sobre las dos fuerzas dadas, siendo el punto de aplicacion el mismo de las dos* (*fig.* 11). Sean las fuerzas *BA* y *CA* aplicadas al punto *A* de un cuerpo; tirando por el estremo *B* la recta *BD* paralela á la *AC*, y por el estremo *C* la *CD* paralela á la *AB*, y tirando despues la diagonal *A D*, esta será la resultante de las dos fuerzas dadas. Si el ángulo de las fuerzas crece, la resultante disminuye; si suponemos que toman la posicion *HA*, *FA*, se convierte la resultante en *AE;* si el ángulo se hace tan grande que las dos fuerzas queden opuestas, la resultante será la diferencia

de ellas segun hemos dicho en el caso 3.°; y si se hace tan pequeño que las fuerzas se sobrepongan, la resultante es la suma de las dos, pues se encuentran en el caso 1.°; luego los límites de la resultante de dos fuerzas en ángulo, son la suma y diferencia de ellas; y de aquí deduciremos tambien, que para producir con dos fuerzas el mayor efecto, deben formar el menor ángulo posible. En este problema y en todos los demás, el cálculo nos daría la estension numérica de *AD;* pero podremos emplear un método sencillo, que nos dará el valor de la resultante con bastante aproximacion. Supongamos conocido el ángulo *BAC* que han de formar las fuerzas, y que la intensidad de estas sea de 4 kil. la una y 3 la otra. Tomemos la línea *AC* de cuatro partes cualquiera iguales entre sí, y la *AB* de tres de estas mismas partes; formado el paralelógramo y midiendo la diagonal *AD* con una estension igual á una de las partes tomadas en las líneas, encontraremos por ejemplo 5 partes justas, lo que nos dirá que una fuerza de 4 kil. y otra de 3, formando el ángulo *BAC*, producen el efecto de una fuerza de 5 kil. Si el ángulo es el *HAF*, las mismas fuerzas producen un efecto de solo 3 kil.; si fueran opuestas, el efecto sería solo de 1 kil., y si se aplicaran en la misma direccion, sería el efecto de 7 kil., que es el mayor que pueden producir.

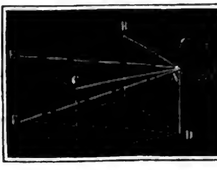
5.° *caso*. Tres ó mas fuerzas aplicadas á un mismo punto formando ángulo y en el mismo plano. En este caso se buscará la resultante de dos cualquiera de las fuerzas como si estuvieran solas, y luego la de esta resultante con otra fuerza, continuando del mismo modo. Supongamos (*fig*. 12) las fuerzas *BA*, *CA*, *DA*, *EA*, aplicadas á un punto *A* y todas en el mismo plano; buscando la resultante de *BA* y *CA* como si no hubiera otras fuerzas, tendremos la *FA*, que evidentemente producirá el mismo efecto que sus dos componentes; de modo que quitadas estas y sustituidas por la *FA*, queda el cuerpo solicitado por las tres fuerzas *FA*, *DA* y *EA* solamente: busquemos en seguida la retante de la *FA* y la *DA*, que es *GA*, y sustituida esta á sus dos componentes queda el cuerpo solicitado únicamente por las dos fuerzas *GA* y *EA*, cuya resultante *HA* producirá el mismo efecto que todas las fuerzas, y es por lo tanto la buscada.

Fig. 12.



6.° *caso*. Varias fuerzas aplicadas á un punto, que no esten situadas en el mismo plano. Este caso se resuelve como el anterior, pues siempre dos líneas que concurren en un punto están en el mismo plano, de modo que se busca la resultante de dos fuerzas en el plano en que se encuentren, y luego la resultante de esta con otra fuerza en el otro plano en que estas dos se hallen, continuando lo mismo para los demás. Si son 3 las fuerzas (*figura* 13), por ejemplo la *BA*, *CA*, *DA*, buscaremos la resultante de las dos *BA* y *CA*, que es *EA*; buscando ahora la de los dos *EA* y *DA*, tendremos la resultante final *FA*, que en este caso de 3 fuerzas, es como se ve la diagonal del paralelepído formado sobre las tres dichas fuerzas.

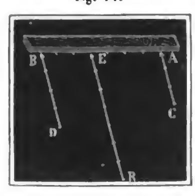
Fig. 13.



7.° *caso*. *Dos fuerzas paralelas en la misma direccion, tienen por resultante otra*

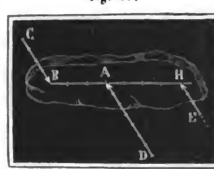
fuerza paralela á ellas, igual á su suma, y aplicada á un punto de la línea que une los dos de aplicacion de las fuerzas, y que se encuentre á una distancia inversamente proporcional á sus intensidades. Supongamos (*figura* 14) una fuerza *CA* de 3 kil. y otra paralela *DB* de 4; dividamos la línea *AB* en 4 + 3 partes iguales, es decir, en un número igual á la suma de las unidades de que se componen las fuerzas; contando 3 de estas partes al lado de la fuerza *BD*, que vale 4, ó contando 4 partes al lado de la *AC*, que vale 3, tendremos el punto *E* de aplicacion; tirando por él una paralela *ER* á las fuerzas y tomando en ella la suma de estas, tendremos la resultante en direccion y magnitud.

Fig. 14.



8.° *caso.* *Dos fuerzas paralelas en direccion opuesta, tienen por resultante una fuerza paralela á ellas en direccion de la mayor, igual á la diferencia de las dos y aplicada á un punto de la línea que une los dos de aplicacion de las fuerzas, situado de manera que sus distancias á estos puntos sean inversamente proporcionales á las intensidades de las fuerzas.* Supongamos (*fig.* 15), las dos fuerzas *DA* y *CB*, la primera de 7 kil. y la segunda de 4; dividamos la distancia *AB* en tantas partes como unidades sea la diferencia entre las dos fuerzas, en el caso presente en 3, y tomemos en la prolongacion de la línea *AB* tantas partes iguales á estas como unidades tenga la fuerza menor, que aquí es *CB* y vale 4: tiremos en *H* una paralela *HE*, sobre la que tomaremos tantas partes iguales á las que marcan la intensidad de las fuerzas, como unidades sea la diferencia entre ellas, que aquí será 3, y tendremos la *EH*, que será la resultante buscada: así la distancia de *H* á *B* será 7, y la de *H* á *A* 4, inversas de las intensidades.

Fig. 15.



9.° *caso.* Si las dos fuerzas *AD* y *BC* son iguales, su diferencia es cero, y por tanto la intensidad de la resultante es cero, y su punto de aplicacion está en el infinito; es decir, que en este caso no se pueden sustituir las dos fuerzas por una resultante; á este sistema se llama *par de fuerzas.*

10.° *caso.* Tres ó mas fuerzas paralelas en diferentes direcciones; en este caso se busca la resultante de todas las que están en una direccion, y luego la de todas las que están en otra, y finalmente la resultante de estas dos, que estarán en direccion opuesta.

Fig. 16.



11.° *caso.* Dos fuerzas no paralelas situadas en el mismo plano aplicadas á distintos puntos. Sean (*fig.* 16) las fuerzas *AB* y *CD:* prolongadas se encontrarán en un punto *E*, y trasladadas á este punto (27) darán la resultante *EL*, segun hemos visto en el 4.° caso; esta resultante podrá trasladarse á un punto de la *ES* que esté en el cuerpo, que si es por ejemplo el punto *H*, se tomará la distancia *EL* desde *H* hasta *S*, y tendremos en *HS* la resultante buscada.

12.° *caso.* Si las fuerzas no están en el mismo plano, prolongadas no se encontrarán y no habrá resultante.

13.° *caso*. Si un cuerpo está solicitado por varias fuerzas en diferentes direcciones paralelas ó formando ángulo, podrá sustituirse á todas una resultante que se buscará combinando estas segun se ha esplicado en los casos anteriores, pudiendo suceder que sea algun sistema que no tenga resultante.

33. Si dada una fuerza como resultante tratáramos de buscar las componentes el problema sería indeterminado, pues son muchos los sistemas que pueden dar una misma resultante; pero por esta razon podremos siempre que sea necesario descomponer una fuerza en otras dos de las cuales pueda ser resultante. Si una fuerza se descompone en otras dos y el cuerpo sigue la direccion de una de estas componentes, será porque la otra se ha hecho cero, pues de lo contrario, el camino seguido por el cuerpo sería el de la resultante y no el de ninguna de las componentes (*fig.* 11). Si el cuerpo *A* está solicitado por la fuerza *D*, podrá esta sustituirse con las dos *B* y *C*; y para que aquel siga la direccion de la fuerza *B*, será necesario que la *C* se destruya por cualquier causa, y no quede mas que la *B*.

34. Equilibrio. Si un cuerpo solicitado por varias fuerzas ó por solo dos, no se mueve, será porque se destruyen mutuamente, y en este caso se dice que el cuerpo está en *equilibrio*.

35. Movimiento curvilíneo. Una fuerza sola no puede producir en los cuerpos movimiento curvilíneo; dos ó mas tampoco lo producen en ninguno de los casos en que puedan sustituirse por una resultante; pero si un cuerpo que se encuentra en movimiento por un impulso que ha recibido está solicitado por una fuerza contínua en otra direccion que la del primer impulso, su camino será una curva, ó lo que es lo mismo, el movimiento será curvilíneo. Si una fuerza *AB* (*fig.* 17) obra sobre un cuerpo, y otra contínua *AC* le atrae hácia el punto *C*, en un tiempo, por ejemplo 1 segundo, el cuerpo solicitado solo por la fuerza *AB*, pasaria á un punto de la *AB* que supondremos *S*, y si obrara solo la fuerza *AC* pasaria, supongamos al *O*; pero obrando las dos pasará al punto *D*, estremo de la diagonal resultante de estas dos fuerzas. Llegado el cuerpo al punto *D*, si no estuviera solicitado por la fuerza de atraccion hácia *C* seguiria la direccion recta *DE*, pasando en otro tiempo de 1 segundo al punto *T*; pero como en *D* obra tambien la atraccion hácia *C* en direccion de *DC*, suponiendo que ella sola le hiciera pasar en 1 segundo á *U*, el cuerpo solicitado á un tiempo por las dos fuerzas seguiria la direccion *DH* de la diagonal formada sobre ellas, y continuando un razonamiento y construccion iguales, tendremos trazada la línea *ADHLPR*......, que será el camino que sigue el cuerpo. Esta línea es poligonal; pero considerando que en todos los momentos infinitamente pequeños se verifica la accion de las dos fuerzas, resulta que las líneas *AD*, *DH*, serán infinitamente pequeñas, y en este caso la línea *ADHL*..... será una curva.

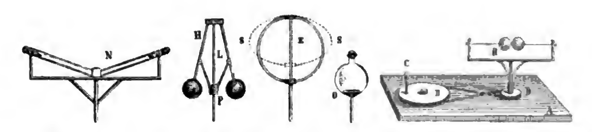
Fig. 17.



36. Fuerza centrífuga. Supongamos que en un punto del movimiento curvilíneo de un cuerpo cesara la fuerza de atraccion hácia *C* (*fig.* 17), por ejemplo en *H*; en este caso el cuerpo seguiria la direccion de la línea *HK*, que será precisamente la direccion tangente á la curva que viene describiendo, y por

tanto se iria alejando cada vez mas del punto *C*, que es el centro al rededor del cual gira, ó sea el centro de rotacion; de modo que en virtud de la fuerza *AB* que se llama *centrifuga*, el cuerpo tiende á alejarse del centro de rotacion, y necesita la fuerza *AC* llamada *centripeta*, que le atraiga hácia este centro, para que siga la direccion curvilinea. La fuerza centrifuga se desarrolla en un cuerpo siempre que este recibe un movimiento curvilíneo, cuya fuerza obrará contra el obstáculo que le impida seguir en cada punto la direccion de la tangente á la curva que va recorriendo: por ejemplo, una piedra colocada en una honda, desarrolla al girar una fuerza centrifuga destruida en cada instante por la resistencia de los cordones que forman la honda; pero en el momento que la resistencia cesa porque se deja escapar la piedra, marchará esta por la tangente á la curva, con la velocidad que tuviese al fin de su movimiento de rotacion. La fuerza centrífuga desarrollada en el movimiento curvilíneo de todos los cuerpos, puede hacerse patente con varios aparatos dispuestos de la manera conveniente. Supongamos (*fig.* 18) una tabla *A* sobre la que se coloca la rueda *B*, que puede girar sobre su centro movida

Fig. 18.



por el manubrio *C*; esta rueda por medio de un cordon pone en movimiento á otra rueda menor *D*, que lleva en su centro una espiga en que pueden introducirse los estremos de otras piezas del aparato que se sujetan por medio de un tornillo. Haciendo girar la rueda *B* girará con mayor velocidad la *D*, y con esta la pieza que se la haya unido. Supongamos que sea la *R*, que se compone de un soporte sosteniendo un alambre en el que están atravesadas dos esferas de un cuerpo cualquiera, generalmente de marfil; si se hace girar la pieza *R*, las esferas se separan colocándose lo mas lejos posible del centro de rotacion; este esperimento puede variarse de distintos modos, poniendo las esferas unidas con un cordon, ó haciéndolas de diferentes diámetros. Si en lugar del aparato *R* se coloca el *E*, que es una banda de acero fija en la parte superior de una varilla, y que puede escurrir en ella por la parte inferior, haciendo girar el aparato se la verá tomar la forma elíptica que marca *S*. Si el aparato es el *H*, compuesto de dos esferas suspendidas á los estremos de unas varillas fijas en la parte superior de otra *L*, al hacerle girar se separan estas esferas del eje *L*, y si van unidas á una pieza *P*, la harán subir escurriendo en el mismo eje; en esta forma recibe el nombre de *péndulo cónico* y tiene aplicacion importante en las máquinas. Dispuesto el aparato como el *N*, que se compone de dos tubos inclinados cerrados por sus estremos, y que contienen liquidos diferentes, y tambien algun sólido, al ponerle en movimiento de rotacion, los liquidos pasarán á la parte mas alta de los tubos, colocándose en orden inverso al que antes tenian, es decir, que el que estaba debajo pasará á colocarse encima; sucediendo lo mismo con el sólido unido al liquido. Puede tambien colocarse un recipiente *O* con un liquido, y al hacerle girar, el liquido abandona el centro para

pasar á la parte lateral, que es la mas lejana del eje. La fuerza centrífuga es causa de que un vaso lleno de agua colocado en el borde de un aro se sostenga sin derramar el agua aunque se haga girar el aro al rededor del punto opuesto al en que está colocado el vaso, esperimento muy comun entre los jugadores de manos; y tambien encontraremos la esplicacion de otros muchos fenómenos en la fuerza centrífuga. Cuando el movimiento de un cuerpo es circular, la fuerza centrífuga desarrollada está en razon del cuadrado de la velocidad, y es inversa del radio; por ejemplo, si un cuerpo gira con una velocidad y desarrolla una fuerza, haciéndole girar con una velocidad doble, la fuerza será cuatro veces mayor: si el radio del círculo que describe el cuerpo es uno, haciéndole doble, la fuerza desarrollada será la mitad.

CAPITULO VI.

INERCIA.

37. Definicion. *Inercia es la propiedad que tienen los cuerpos, lo mismo que la materia, de permanecer en el estado de reposo ó movimiento en que se encuentran hasta que una fuerza les haga cambiar.* En virtud de la inercia, un cuerpo que está en reposo no se moverá hasta que reciba el impulso de una fuerza que le haga mover; y un cuerpo que está en movimiento no se parará hasta que una fuerza oponiéndose á su movimiento, le ponga en reposo.

38. Inercia en el reposo. Se concibe facilmente que un cuerpo en reposo no se mueve si no es solicitado por una fuerza. Tenemos á cada paso ejemplos de cuerpos que permanecen en el punto en que los colocó la naturaleza ó la mano del hombre desde tiempo inmemorial, y concebimos que permanecerán todavia indefinidamente si una fuerza no viene á sacarlos de su estado de reposo.

39. Inercia en el movimiento. Cuando un cuerpo se mueve, le vemos parar en un tiempo mas ó menos largo, ó quedar en reposo; por esta causa no se concibe facilmente que la inercia sea una propiedad que haga mover un cuerpo hasta que otra fuerza le detenga, y por esto es tambien que se forme idea de la inercia suponiendo tendencia al reposo y no al movimiento; pero vamos á ver que si los cuerpos paran cuando estan en movimiento, es porque les solicitan fuerzas contrarias á este movimiento. Un cuerpo que lanzamos al espacio, sea de la manera que quiera, cae hácia la tierra aun cuando al principio se haya alejado de ella; de modo que siempre el cuerpo vendrá á parar á la tierra ó á otro cuerpo que le impida llegar hasta ella; esta verdad la conocemos porque la estamos observando á cada momento, y la razon de ella la estudiaremos mas adelante. Segun esto, el cuerpo tiene que moverse despues de un tiempo mas ó menos largo sobre otro cuerpo ó sobre la tierra, y en tal caso el cuerpo sobre que se mueve le opone obstáculos á su movimiento. Supongamos (*fig.* 19) que una esfera *A* rueda sobre un cuerpo, el cual la opone la parte saliente *B;* el cuerpo *A* chocando contra este obstáculo pierde toda su fuerza y queda en reposo; hagamos menor el obstáculo, y en tal caso no será suficiente para hacer perder al cuerpo to-

Fig. 19.

da la fuerza que le hace mover, pero le hará perder una parte, y la velocidad de él será menor despues de haber pasado el obstáculo; hagamos muy pequeño este y será poca la velocidad perdida: pero pongamos muchos: y aunque cada uno haga perder una pequeña parte de la fuerza, esta al cabo se reducirá á cero. Asi sucede en efecto cuando un cuerpo se mueve sobre otro; es imposible que se mueva en un plano perfecto, pues ni las artes ni la naturaleza misma lo producen, y por tanto hay siempre pérdida por las escabrosidades de la superficie, ó lo que se dice pérdida por el *frotamiento*, que será tanto menor cuanto mas pulimentada esté la superficie sobre que se produce el movimiento y la del cuerpo que se mueve, pero que nunca puede ser nula. Añadamos á esta causa otra, debida á la resistencia del aire; el cuerpo se ha de mover dentro de la capa de aire que rodea nuestro globo, y como este aire es impenetrable, es necesario que sus moléculas se separen para que dejen paso al cuerpo; al separarse toman un movimiento, y para esto necesitan fuerza que reciben del mismo cuerpo, disminuyendo su velocidad y produciendo otra pérdida de movimiento para él, que por sí sola le pondria en reposo. Segun lo dicho, cuando un cuerpo se mueve, tiene como fuerzas opuestas, el frotamiento y la resistencia del aire por lo menos, y esta es la causa por que no se mueve indefinidamente: hagamos mover un cuerpo sin frotamiento y en el vacío, y tendremos resuelto el problema del movimiento perpétuo: los planetas lanzados en los espacios vacíos por una mano poderosa, moviéndose en ellos sin frotamiento y sin aire, ceden á su inercia y tienen movimiento perpétuo.

40. Movimiento producido por la inercia. Un cuerpo que recibe un impulso, tiene movimiento uniforme por la fuerza sola de su inercia, y si el cuerpo se mueve solicitado por una fuerza aceleratriz y esta cesa, seguirá moviéndose con una velocidad igual á la que tenia en el momento de cesar la fuerza aceleratriz.

41. Efectos de la inercia. La inercia es causa de varios fenómenos que observamos con frecuencia. Si un caballo marcha á escape y de pronto se para, el ginete sale de la silla, porque su cuerpo sigue moviéndose, en virtud de la inercia con la velocidad que habia adquirido cuando paró el caballo. Una persona que se arroja de un carruaje en movimiento recibe un fuerte golpe por la misma causa, y cada coche de un tren de camino de hierro choca con el que tiene delante al cesar el movimiento. En las máquinas se pone una rueda llamada *volante*, unida generalmente al arbol principal y que se mueve con él, regularizando por su inercia el movimiento de la máquina, ó sirviendo para que esta pueda vencer grandes resistencias en un momento dado; por esto se hacen los volantes de mas ó menos masa y tamaño segun el uso de la máquina.

42. Frotamiento. Hemos dicho (39) que el frotamiento se opone al movimiento de los cuerpos, y que puede variar: en efecto, diferentes son las causas que le modifican, y unas veces conviene disminuirle, al paso que otras es necesario aumentarle. Se distinguen dos especies de frotamiento: la primera es cuando un cuerpo resbala sobre otro; y la segunda cuando rueda, siendo este último mucho menor que el primero: una caballeria apenas podria arrastrar un carruaje sin ruedas, y le lleva con facilidad si las tiene. La observacion ha hecho ver que el frotamiento de un cuerpo sobre otro de la misma naturaleza es mayor que el de dos cuerpos distintos, es decir, que frotando madera con madera, por ejemplo, es ma-

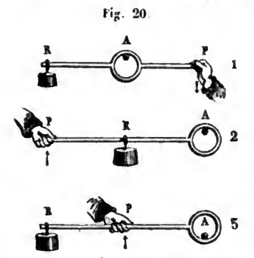
yor que cuando frota madera con hierro; es tambien menor despues de algun tiempo que al principio del movimiento; tambien disminuye pulimentando las superficies que han de estar en contacto y cubriéndolas de una capa de grasa ó aceite; crece con la velocidad y con la presion; y la estension de la superficie que frota, es sin influencia sensible. Segun lo dicho, para disminuir el frotamiento se emplean las grasas y aceites en los ejes de las máquinas y carruajes, despues de haber dispuesto las superficies que frotan en el estado conveniente de pulimento y demás circunstancias. Para aumentarle se hace lo contrario, poniendo en contacto superficies ásperas, ó haciendo mayor la presion. Con el mismo objeto se hace uso de unos aparatos llamados *frenos*, dispuestos de diferentes maneras, pero reducidos todos á producir una presion mas ó menos fuerte en los cuerpos que se mueven en el momento que es necesario disminuir su velocidad, ó hacer que dejen de moverse: los frenos son de la mayor importancia en muchos casos, siendo uno de ellos, por ejemplo, en toda clase de carruajes y en los trenes de los caminos de hierro; las *galgas* y *tornos* de los carruajes de camino, son frenos que disminuyen la velocidad cuando es necesario, aumentando el frotamiento. En muchos casos, para disminuir el frotamiento se cambia en el de segunda especie, ó sea en el de rotacion; y así se hace, por ejemplo, cuando hay que trasportar cuerpos de un punto á otro colocándolos sobre carros ó sobre rodillos en lugar de arrastrarlos. En otros casos para aumentarle se hace el cambio contrario, por ejemplo, los carruajes de camino llevan una *plancha* unida al mismo carruaje por medio de una cadena, y esta plancha, colocada debajo de la rueda, la hace resbalar en lugar de rodar, disminuyendo así la velocidad del carruaje; tambien otras veces la rueda se sujeta por medio de una cadena que la impide rodar, y se produce el mismo efecto. En los tratados de mecánica se encuentran tablas que indican las pérdidas de efecto útil causadas por el frotamiento, y en ellas se ve que es muy variable segun las circunstancias.

43. Máquinas. Máquina es un aparato destinado á servir de intermedio entre una fuerza y una resistencia, trasmitiendo la accion de la primera del modo mas conveniente para vencer la segunda. Una máquina no crea fuerza, al contrario, invierte en su movimiento parte de la que recibe á causa de los frotamientos y resistencias al movimiento; pero la fuerza aplicada de una manera conveniente produce mayor efecto, ó se aprovecha la que sin la máquina no podria utilizarse. En toda máquina hay que considerar la *resistencia* ó fuerza que se ha de vencer; la *potencia* ó fuerza aplicada para vencerla; y el *apoyo*. Las máquinas se dividen en simples y compuestas: las que se han llamado simples son la *palanca*, el *torno* y el *plano inclinado:* se ha supuesto tambien que son en mayor y en menor número, y aun admitiendo tres, hay quien supone que son la *cuerda, palanca* y *plano inclinado:* prescindiremos de esta cuestion, y estudiaremos las tres que primero hemos enunciado, y algunas que pueden referirse á ellas, pues son las que nos importa conocer. Las máquinas compuestas son todas las formadas por las que se conviene en considerar como simples, y su número es infinito. Al ocuparnos de las máquinas lo hacemos de la manera que lo hemos hecho con las fuerzas (26).

44. Palanca. La palanca es una barra ó cuerpo de forma cualquiera, inflexible, es decir, suficientemente resistente para no deformarse por la accion de las fuerzas que han de obrar sobre él: se diferencia la palanca de las otras máquinas en que tiene por apoyo un punto. La palanca se divide en tres clases ó géneros,

segun la colocacion respectiva de las fuerzas y el apoyo (*fig.* 20). Se llama de primer género si tiene el apoyo entre las fuerzas potencia y resistencia, 1; de segundo si tiene la resistencia entre el apoyo y la potencia, 2; y de tercero si tiene la potencia entre el apoyo y la resistencia, 3. Se llama *brazo de palanca* á la distancia desde el punto de apoyo al de aplicacion de la potencia ó la resistencia, y se llama momento estático al producto del valor numérico de una fuerza por el valor numérico de la estension lineal de su brazo de palanca, siendo la *condicion de equilibrio* en las máquinas que los momentos estáticos sean iguales: de aquí resulta que una fuerza podrá hacer equilibrio á otra que no sea igual á ella, siempre que los brazos de palanca sean de longitudes convenientes para que los momentos estáticos sean iguales. Se dice que una fuerza está *aventajada*, cuando hace equilibrio á otra mayor.

Fig. 20



45. Palanca de primer género. En la palanca de primer género hay que considerar el apoyo en diferentes posiciones. Supongamos que se encuentra en el centro, es decir, á igual distancia de la potencia y la resistencia; es evidente que si los productos de las fuerzas por sus respectivos brazos de palanca han de ser iguales para que haya equilibrio, esto es, si los momentos estáticos han de ser iguales, siendo los brazos de palanca iguales tendrán las fuerzas que serlo tambien, pues de lo contrario los dichos productos no serian iguales. Supongamos una palanca de 4 pies de longitud con el punto de apoyo en medio; los brazos serán de 2 pies; si se ponen 2 arrobas en un estremo, el producto será 2×2; y como en el otro lado el producto tiene que ser el mismo y el brazo es tambien 2, no puede ser la fuerza colocada en él sino de 2 arrobas tambien; luego en este caso no está aventajada ninguna de las dos fuerzas. Si el punto de apoyo se aproxima á la resistencia, resulta mayor el brazo de la potencia, y por tanto esta fuerza se halla aventajada. Si en la palanca antes supuesta es el brazo de la potencia 3 pies y el de la resistencia 1, colocadas como antes 2 arrobas en la potencia, será el momento $2 \times 3 = 6$; y como el brazo de la resistencia es 1, tendrá esta que ser de 6 arrobas para que el producto 6×1 sea igual al otro; luego en este caso está aventajada la potencia. Si el apoyo se aproxima á la potencia, por la misma razon será la resistencia la que resulte aventajada. De lo dicho resulta que *en la palanca de primer género puede estar aventajada cualquiera de las dos fuerzas, ó no estarlo ninguna.*

46. Palanca de segundo género. En la palanca de segundo género, como el brazo de la palanca de la potencia es siempre mayor que el de la resistencia, siempre tambien se encontrará aventajada la potencia.

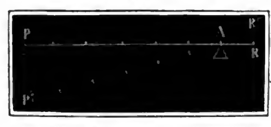
47. Palanca de tercer género. En esta clase de palancas la potencia es la que está mas cerca del apoyo, de modo que su brazo es menor, y por tanto la resistencia estará siempre aventajada.

48. Cálculo de la palanca. Facil es calcular la resistencia que puede equilibrarse con una potencia dada en cualquiera de las palancas. Supongamos una de segundo género, en la que el brazo de la potencia sea de 36 pulgadas y el de la

resistencia de 3: el brazo de la potencia es $^{36}/_{3} = 12$ veces mayor que el de la resistencia; luego esta tendrá que ser 12 veces mayor que aquella. Si por ejemplo la potencia es 2 arrobas, la resistencia será 2×12, ó lo que es lo mismo $2 \times {}^{36}/_{3} = 24$ arrobas; y como igual razonamiento es aplicable á todas las palancas, resulta que para saber el efecto que una fuerza puede producir con el intermedio de una palanca, *se divide la estension del brazo de la potencia por la estension del brazo de la resistencia, y el cociente se multiplica por la potencia ó fuerza aplicada.*

49. La potencia se aventaja á espensas de la velocidad. En esta máquina como en todas, una fuerza se aventaja á espensas de la velocidad que produce. Supongamos una palanca (*fig.* 21) que tiene el brazo de la potencia 6 veces mayor que el de la resistencia: en tal caso tendremos aventajada á la primera como 6, pero el camino que tiene que andar es de *P* á *P'* para que la resistencia ande desde *R* á *R'*, que es la sesta parte de *PP'*, luego si la fuerza *P* que equilibra á la *R*, 6 veces mayor, pasa á *P'*, la resistencia se moverá con una velocidad 6 veces menor.

Fig. 21.



50. Ejemplos de palancas. Ademas de las palancas que tendremos ocasion de examinar, citaremos para que sirvan de ejemplo algunas otras, entre las muchas que á cada momento se nos presentan (*fig.* 22). Si un hombre trata de elevar la piedra *A* con una barra que apoya en otra piedra *B* cargándose en *C*, forma palanca de primer género, pues el apoyo está en *B*, la resistencia en *A* y la potencia en *C*. Si aplica la barra contra el suelo en *D* (*fig.* 23), y elevando el estremo *L* hace marchar la piedra *H*, formará una palanca de segundo género con el apoyo en *D*, la resistencia en *H* ó *S* y la potencia en *L*. Serán dos palancas de primer género unidas las tijeras y toda herramienta semejante á ellas, como tenazas y alicates, pues tienen el apoyo en el clavillo, la potencia en la mano que las mueve, y la resistencia en el objeto que cortan ó sostienen. Son palancas de segundo género las carretillas de portear tierra, los fuelles, los cuchillos de los hormeros, los partidores de nueces, los remos y otros muchos objetos; y son palancas de tercer género las tenazas de chimenea, las pinzas, los dedos de las manos, y los brazos, los cuales tienen su apoyo en el hombro, la potencia es la fuerza muscular repartida en todo el brazo, y la resistencia su peso y el del objeto que se levanta con la mano.

Fig. 22.

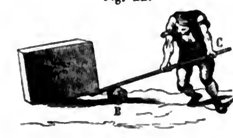


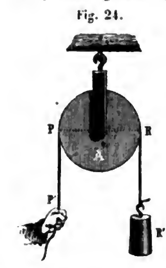
Fig. 23.



51. Polea (*fig.* 24). La polea es una máquina que puede referirse á la palanca. Se compone de un cilindro chato, con una canal ó garganta en la circunferencia, y apoyado en un centro sobre el cual gira. Por la garganta pasa una cuerda que tiene en un estremo la resistencia *R'* y en otro se aplica la potencia *P'*; tenemos pues punto de apoyo en *A*, resistencia en *R'*, que podremos supo-

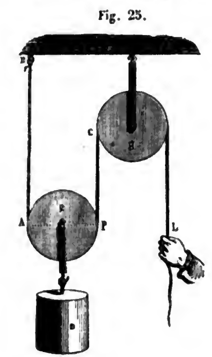
ner trasladada á R, y potencia en P' ó P; luego esta máquina es una palanca de primer género (44), de brazos iguales, y por tanto teóricamente no estará aventajada ninguna de las dos fuerzas (45), encontrándose en la práctica desaventajada la potencia por el frotamiento en A, y la rigidez ó resistencia á doblarse que opone la cuerda, obstáculos que se vencen empleando una parte de la potencia; pero á pesar de esto es una máquina muy usada y de grande utilidad, porque puede hacer variar el modo de aplicacion de la potencia, dar direccion á la resistencia, y producir otros efectos favorables. Por ejemplo, si se trata de subir agua de un pozo, el esfuerzo de un hombre de abajo para arriba será menos cómodo que el de traccion de arriba para abajo, y será mayor el empleado en este último caso, puesto que puede aumentarle hasta con parte del peso de su cuerpo; además el cubo subirá recto por el centro del pozo sin rozar las paredes ni derramar el agua, y si se añade un cubo mas al otro estremo de la cuerda, que bajará cuando el otro suba, no habrá que vencer el peso de ellos, pues se hacen equilibrio uno á otro, venciéndose tambien el peso de la cuerda con el de la que baja, llegando desde el medio á ser mayor el peso de esta que el de la que sube.

Fig. 24.



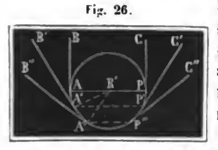
52. Polea móvil. La polea puede disponerse tambien de modo que sea móvil (*fig.* 25). Si la cuerda está fija en B y pasa por la garganta de una polea R, á la que sostiene siguiendo despues hasta la C, tendremos la polea móvil que tirando de la cuerda en C se elevará, y con ella el cuerpo D; en esta polea tenemos el apoyo en A, puesto que estando en B le podemos suponer trasladado; la resistencia está en R y la potencia en P: luego es una palanca de segundo género (44), que tiene el brazo de la potencia PA doble que el de la resistencia, que es RA, de modo que está aventajada la potencia de un doble (45); es decir, que con un esfuerzo capaz de elevar 1 arroba aplicado á C, se elevarán 2 en D, teniendo presente en la práctica que en estas 2 arrobas elevadas deberá contarse el peso de la polea y las pérdidas de rozamiento y rigidez de la cuerda. Si esta se hace pasar por otra polea fija H, se tendrán reunidas las ventajas de las dos. Si hacemos marchar á la cuerda en C ó L 1 vara por ejemplo, esta será la velocidad de la potencia; pero como esta vara de cuerda se distribuye entre las dos partes PC y AB, la resistencia D no se habrá elevado mas que la mitad; luego en esta máquina, como en las demás, se aventaja la potencia, desaventajando la velocidad (49). Si las cuerdas PC y AB no son paralelas, como hemos supuesto, es diferente el efecto (*fig.* 26); si están en la posicion $B'A'$, $C'P'$, el brazo de palanca de la resistencia es el radio R' A' como en el caso anterior, pero el de la potencia es la cuerda $P'A'$, que será menor que dos radios, luego en este caso no está aventajada la poten-

Fig. 25.



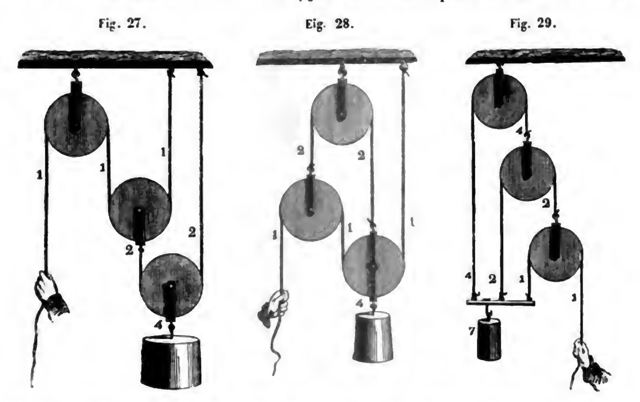
cia del doble. Si la posicion de las cuerdas fuera $B''A''$, $P''C''$, suponiendo el arco $P''A''$ de una estension igual á la sesta parte de la circunferencia, el brazo de palanca de la potencia sería la cuerda $P''A''$, que en geometría se demuestra ser igual al radio $R'A''$; luego el brazo de palanca de la potencia en este caso sería igual al de la resistencia, y no estaria aventajada ninguna de las dos. Si el arco $P''A''$ se hiciera menor que la sesta parte de la circunferencia, resultaría desaventajada la potencia.

Fig. 26.



53. Poleas combinadas. Para que resulte mucha ventaja en la potencia y que las cuerdas se mantengan paralelas, suelen combinarse las poleas móviles y fijas de muchas maneras. Presentamos como ejemplo varias de estas combinaciones, marcando en ellas el efecto producido. La *figura* 27 es una combinacion de dos poleas móviles y una fija, y en ella el efecto producido con una fuerza como 1 es 4. Estas tres poleas podrian disponerse como marca la *figura* 28, y el efecto sería el mismo. Combinadas como indica la *figura* 29, el efecto producido con una fuerza

Fig. 27. Eig. 28. Fig. 29.



1 sería 7 veces mayor. La *figura* 30 es combinacion de tres poleas fijas y dos móviles de diámetros diferentes para mantener las cuerdas paralelas, y el efecto con 1 es 9. La *figura* 31 representa la combinacion que recibe el nombre de *trócula* ó *polipasto*. En una misma armadura se colocan 3 ó mas poleas, unas debajo de otras, y dos sistemas de estos se combinan pasando la cuerda de una á otra; y con el objeto de que sus vueltas no se enreden, se hacen á veces de diferente diámetro las poleas, como marca la figura: el efecto en el sistema indicado sería con 1, 6. Pueden disponerse las tróculas con poleas colocadas parálelamente en una armadura (*fig*. 32), y la cuerda pasa desde el gancho de la armadura fija á la primera polea de la móvil, de esta á la primera de la fija, y así continua siendo 8 el efecto de 1 en la de 4 poleas; estos aparatos son muy usados en la marina. En las figuras que anteceden, se ve que unas tienen la cuerda en varios pedazos, al paso

que otras lo tienen en uno solo, y esto deberá tenerse presente para preparar el sistema segun las cuerdas de que se pueda disponer. Repetiremos por última vez

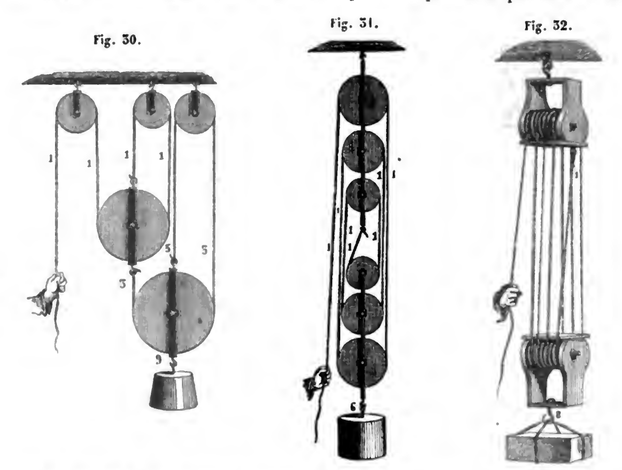
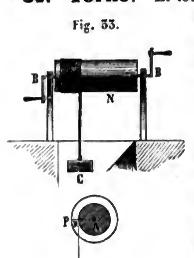


Fig. 30. Fig. 31. Fig. 32.

que la ventaja en la potencia es perdiendo en velocidad, pues si en la *figura* 30 se observa el camino andado por la potencia y resistencia, se verá que si la primera anda un cierto espacio, la resistencia solo recorre la novena parte de él.

54. Torno. El torno es una máquina que tiene por apoyo dos puntos ó una línea, y se compone (*fig.* 33) de un cilindro *N* sostenido en dos soportes por sus estremos *B*, en cuyos estremos lleva manubrios para hacerle girar, con el objeto de que se arrolle una cuerda á la que se sujeta el cuerpo *C* que haya de elevarse. Consideremos una seccion de este cilindro; siendo *AR* su radio y *AP* la longitud del manubrio, que al girar describirá una circunferencia; puesto que *A* será un punto de la línea de apoyo, que en *R'* está la resistencia, la cual puede considerarse en *R*, y que en *P* se aplica la potencia, tenemos una palanca de segundo género (44), en la que *AR*, radio del cilindro, es el brazo de la resistencia y *AP* el de la potencia: de aquí resulta que cuanto menor sea el radio *AR* y mayor el *AP*, esto es, cuanto mas delgado sea el cilindro y mas largo el manubrio, resultará mas aventajada la potencia.

Fig. 33.



55. Cálculo del torno. Puesto que hemos reducido el torno á una palanca, el efecto que con él puede producirse le calcularemos como queda dicho en esta (48), *dividiendo la longitud del manubrio por el radio del cilindro, y multiplicando el cociente por la potencia ó fuerza aplicada.* Supongamos que el manubrio

tiene dos pies de largo ó 24 pulgadas, el cilindro, 1 de diámetro ó 6 pulgadas de radio y se aplica una fuerza de 2 arrobas; con esta fuerza podremos equilibrar una de $^{24}/_{6} \times 2 = 8$ arrobas.

56. Condiciones del torno. Hemos visto (54) que un cilindro lo mas delgado posible y un manubrio lo mas largo que pueda ser, nos darán el torno mas ventajoso, pero al establecerle es necesario tener presente que el cilindro ha de resistir á todo el peso que de él haya de suspenderse, y que esta resistencia limita su grueso; además, los manubrios han de ser de una longitud tal, que el hombre pueda moverlos cómodamente, lo que no se verificará si son muy largos, pues tendrá que elevarse y bajarse demasiado en cada vuelta, y no podrá hacer grande esfuerzo cuando tenga que levantar mucho los brazos. Aun siendo del tamaño conveniente, un hombre no hará en todos los instantes del movimiento un esfuerzo igual, pues en la media vuelta desde abajo hasta arriba tira solo del manubrio, y en la otra media carga con el cuerpo; y esta es la razon por que deben ponerse dos manubrios y en posicion contraria, para que cuando un hombre hace el menor esfuerzo haga el otro el mayor. Suele ponerse tambien en lugar de manubrio una rueda de mucho diámetro, que lleva en su circunferencia unos asideros por medio de los cuales la hace girar un hombre, y como en tal caso es grande el brazo de la potencia, resulta esta muy aventajada: hay el inconveniente de que la rueda ocupa mucho espacio, pero se emplea sin embargo, sobre todo en las minas. La cuerda debe ser lo mas delgada posible por varias razones: cuando se arrolla en el cilindro aumenta el diámetro de este, y si es larga y tiene que volverse á arrollar sobre sí misma, disminuirá la ventaja de la potencia por aumentar el brazo de la resistencia; segun esto, si la cuerda es delgada, aumentará menos el diámetro y tendrá ademas que arrollarse menos veces sobre ella misma, uniendo á estas ventajas la de que una cuerda delgada tiene menos rigidez y que pesará menos; debe sin embargo hacerse del grueso bastante para que resista mucha mas carga de la que ha de soportar.

57. Cabrestante. El torno suele colocarse tambien vertical (*fig.* 34); el cilindro donde se arrolla la cuerda *B* es *A*, y se le hace girar por medio de palancas cuyos estremos se introducen en las cajas *C* practicadas en la cabeza del torno, y en este caso toma el nombre de *cabrestante*, muy usado en la marina. En los cabrestantes suele la cuerda (*fig.* 35) desarrollarse por un estremo *M* al paso que se arrolla por el otro *H*, arrastrando á la resistencia y dando solo algunas vueltas en el cilindro. Hay en este caso el inconveniente de que la cuerda al arrollarse va acercándose al estremo del cilindro, y llegando á él se arrolla sobre las vueltas anteriores entorpeciendo el desarrollo por el estremo opuesto. Para que esto no suceda, Mr. David ha presentado en la esposicion universal de Paris un torno que lleva un anillo *C* inclinado, el cual gira sobre las ruedecillas *P* de

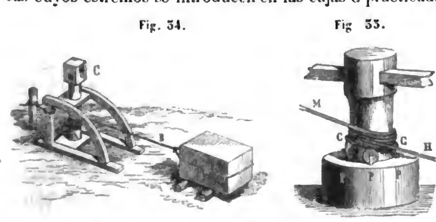
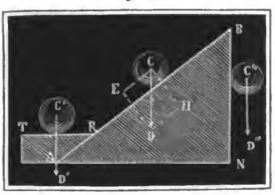


Fig. 34. Fig. 35.

diferentes diámetros; este anillo hace colocar la cuerda en el cilindro, de modo que la parte que se va arrollando, encuentra sitio para hacerlo siempre á la misma altura y sin sobreponerse á las vueltas anteriores.

58. Plano inclinado. (*fig.* 36). Supongamos un cuerpo *C;* si se deja libre, caerá en direccion de la línea *CD* en virtud de una fuerza que será necesario vencer para elevarle, cuya fuerza representaremos por *CD*. Supongamos ahora que se pone debajo del cuerpo un plano inclinado *AB;* en este caso no caerá en la direccion de *CD* sino en la direccion *CE*, que le marca el plano; luego la fuerza *CD* se ha descompuesto en una *CE* que es la direccion que sigue el cuerpo, y otra que debe destruirse, pues de lo contrario el cuerpo no seguiria la direccion de una de las componentes (33); y como la fuerza no podrá destruirse sino con la resistencia del plano, debe ser la *CH* perpendicular á él. Para determinar la intensidad de estas fuerzas componentes *CE* y *CH*, cuya direccion conocemos, habrá que formar desde el punto *D* el paralelógramo de que sea diagonal la *DC*, y tendremos que la fuerza que destruye el plano es *CH* y la que hay que vencer para hacer subir el cuerpo por el mismo plano es *CE:* pero como el triángulo *ECD* es rectángulo, se sabe por la geometria que la línea *CE* es menor que la *CD;* luego la fuerza necesaria para elevar un cuerpo por un plano inclinado, será siempre menor que la que habria que emplear para elevarle sin el plano. Cuanto mas se aproxime *AB* á la posicion vertical *BN* tanto mayor será la línea *EC*, llegando á convertirse en *CD* si el plano es vertical; por el contrario, cuanto mas se aproxime el plano á la posicion *AN*, tanto menor será *CE*, que es la fuerza que hay que vencer, llegando esta á cero en el caso de ser horizontal el plano; de modo que la ventaja mayor para la potencia será el plano horizontal *TR*, en cuyo caso el cuerpo no se elevará, y la mayor desventaja es el plano vertical *BN*, que no producirá ningun efecto: debe por tanto hacerse el plano lo mas próximo posible al horizontal para tener la mayor ventaja en la potencia.

Fig. 36.



59. Cálculo del plano inclinado. En mecánica se deduce facilmente que el efecto producido por el plano inclinado se calculará *dividiendo la longitud* AB *del plano por su altura* BN, *y multiplicando el cociente por la fuerza aplicada*. Si tenemos un plano cuya altura sea de 4 pies y su longitud de 12, con una fuerza de 2 arrobas, podremos hacer equilibrio en él á una resistencia de $^{12}/_{4} \times 2 = 6$ arrobas. Esta máquina se emplea con mucha ventaja para elevar cuerpos de gran peso á pequeñas alturas.

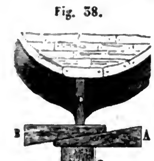
60. Cuña. En el plano inclinado (58) hemos supuesto que este se hallaba en reposo, pero puede suceder que él sea el que se mueva, con objeto de poner en movimiento ó separar las moléculas de un cuerpo, y entonces toma el nombre de *cuña*. Ya hemos visto que la resistencia del plano inclinado destruye una parte de la resistencia que el cuerpo opone para moverse; por tanto, si se introduce un cuerpo formado de dos planos inclinados entre las moléculas de otro, destruirán estos planos una parte de la resistencia que las moléculas opongan á su separacion y será mas facil vencerla. Si á la accion de la cuña se une la que pro-

duce el choque ó percusion, podrán dividirse cuerpos que opongan mucha resistencia á ser fraccionados, pudiendo tambien aplicarse este efecto á comprimirlos fuertemente. Varias son segun esto las aplicaciones de la cuña. Todos los instrumentos cortantes, como cuchillos, tijeras y cortafríos, son cuñas; y todo cuerpo que ha de penetrar en otro se le dispone tambien en la misma forma, por ejemplo, los clavos, estacas que se que se clavan en el suelo, pilotines y otros semejantes, empleándose tambien la cuña para partir madera ó piedra, introduciéndola á mazo en el cuerpo que se ha de partir.

La cuña se aplica tambien á producir grandes presiones, y como ejemplo daremos á conocer la prensa flamenca, empleada entre otros usos para la fabricacion del aceite; se compone (*fig.* 37) de una caja resistente *A* construida de fábrica ó de hierro, en la que se colocan verticalmente varios capachos *B*, despues una tabla, y luego la cuña *C* con su parte mas gruesa abajo y sin que llegue al fondo, sosteniéndola en esta posicion de un modo cualquiera; despues se pone otra tabla y mas capachos *D*, y en seguida entre otras dos tablas una cuña *H*, de modo que su parte mas delgada esté abajo, á esta siguen mas capachos, otra cuña *F* en la misma posicion que la anterior *H*, y se acaba de llenar la caja con capachos y otra cuña *E*, en la posicion de la *C*: así cargada se introducen á mazo las cuñas *H* y *F* que producen una fuerte presion, y cuando esta ha sido suficiente, se descarga la prensa haciendo penetrar las cuñas *C* y *E* golpeando en ellas, se afloja de este modo el prensado y la descarga es facil. Prensas semejantes á esta se emplean para comprimir las sacas ó balas de algodon con el objeto de que al trasportarlas ocupen poco volúmen. En la construccion de barcos, para variar de lugar uno de los soportes en que el barco está apoyado en el astillero, se introducen dos cuñas *AB* opuestas (*fig.* 38) entre la quilla *C* y un nuevo soporte *R* que se coloca inmediato al que se ha de variar; dando golpes á un tiempo en las dos cuñas hacen elevar la quilla y se quita el soporte primero, siendo esta una prueba del esfuerzo grande que puede hacerse con la cuña.

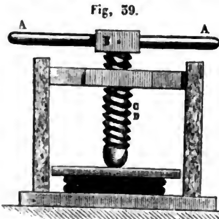
Fig. 37.

Fig. 38.



61. Tornillo. El tornillo se compone de un cilindro rodeado por un plano inclinado; este tornillo entra en una caja llamada tuerca, que tiene en hueco la forma exactamente igual á la que el tornillo tiene en el esterior; unas veces es este último el que se mueve y la tuerca está fija, y otras es ella la pieza movible y el tornillo es fijo. Se llama *paso de la rosca* la distancia desde un punto del filete saliente hasta otro punto del inmediato, pero tomados estos puntos en una linea paralela al eje del cilindro; en la *figura* 39, *CD* es el paso de la rosca. Es evidente que cuanto menor sea este paso, mayor será la ventaja que esta máquina produzca, pues será menor la altura del plano inclinado (58). Generalmente se aplica la potencia por

Fig. 39.

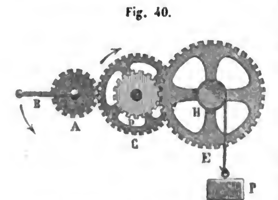


el intermedio de una palanca dispuesta de varias maneras, y en tal caso, unidas las ventajas de una y otra máquina se vencen grandes resistencias.

62. Efectos del tornillo. Para calcular el efecto producido por un tornillo *se divide la distancia desde el eje del cilindro hasta el punto de aplicacion de la potencia por el paso de la rosca, y el cociente se multiplica por la fuerza aplicada y por el número* 6,2832. Supongamos aplicada una fuerza de 2 arrobas al estremo de la palanca *A*, cuya longitud desde el punto *B* sea 1 vara y que el paso de la rosca *CD* sea de 2 pulgadas; la vara reducida á pulgadas dará 36, y tendremos que el efecto producido con las dos arrobas es $^{36}/_{2} \times 2 \times 6{,}2832 = 226^{a}{,}1952$. Como se ve en este ejemplo, una fuerza pequeña puede producir efectos considerables, y por esto se aplica el tornillo á producir grandes presiones ó á elevar cuerpos de mucha masa. La *figura* 39 representa una forma de prensa que con ligeras modificaciones puede servir para el prensado en la fabricacion de aceites, vinos, cidras, etc.; y las máquinas de acuñar, lo mismo que otras muchas, grandes y pequeñas, empleadas en varios oficios, son aplicaciones del tornillo. Si se coloca un cuerpo que pese 226 arrobas encima de la cabeza del tornillo puesto por ejemplo anteriormente, haciendo girar á este con una fuerza de 2 arrobas se elevará el cuerpo colocado; siendo por tanto muy ventajosa esta máquina para elevar los cuerpos de grandes masas, sobre todo cuando la altura á que hayan de elevarse no sea grande. En esta máquina hay bastante pérdida de efecto util por los rozamientos.

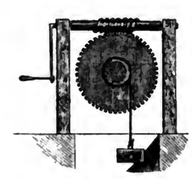
63. Ruedas dentadas. Las ruedas dentadas son órganos de la mayor importancia en las máquinas, pudiendo aplicarse con el objeto de aventajar la potencia, con el de trasmitir un movimiento ó cambiar su direccion, y en fin, para variar la velocidad. Supongamos (*fig.* 40) una rueda *A* movida por un manubrio *B*; esta rueda es un torno (54), en el que la resistencia es la que oponga á moverse otra rueda *C* que engrane con la primera. Supongamos que esta rueda *C* va unida á otra *D* mas pequeña, que recibe el nombre de piñon, y tenemos en estas ruedas otro torno en el que la potencia está aplicada á los dientes de *C* y la resistencia á los del piñon *D*, por la que le opone una nueva rueda *E* que tambien será un torno, con la potencia en los dientes y la resistencia en el cuerpo *P* suspendido en la cuerda que supondremos se arrolla en el eje *H*. Segun esto, si aplicamos una fuerza de 2 arrobas al manubrio *B* haciéndole girar en direccion de la flecha, y este manubrio es doble de largo que el radio de la rueda *A*, tendremos en los dientes de esta una fuerza de 4 arrobas (55); esta fuerza trasmitida á la rueda *C*, que supondremos de un diámetro doble que su piñon *D*, producirá en los dientes de él una fuerza de 8 arrobas (55), la cual, trasmitida á los dientes de la rueda *E*, producirá en el eje *H*, que supondremos de un radio 4 veces menor, una fuerza de $4 \times 8 = 32$ arrobas. Para calcular el efecto producido por una fuerza en una série de ruedas dentadas cualquiera, *se divide el producto de los radios de las ruedas por el producto de los radios de los piñones, y el cociente se multiplica por la fuerza aplicada*. En el ejemplo pro-

Fig. 40.



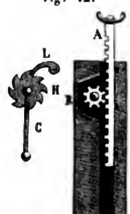
puesto, contando el manubrio *B* como radio de rueda y el eje *H* como piñon, si el manubrio tiene 16 pulgadas, el radio de *A* será de 8 segun el supuesto, y si el piñon *D* es igual al *A*, será tambien de 8 pulgadas y su rueda *C* de 16: suponiendo el radio del eje *H* de 6 pulgadas, la rueda *E* tendrá 24; luego las dos @ equilibrarán á $16 \times 16 \times 24$ dividido por $8 \times 8 \times 6 \times 2 = 32$ @. La figura hace ver ademas una trasmision del movimiento que recibe el manubrio *B* al eje *H*, y un cambio en la direccion de este movimiento de la rueda *A* á la *C*, pudiendo tambien hacerse las trasmisiones y cambios de movimiento con ruedas formando ángulo. Puede facilmente calcularse el cambio de velocidad; en el caso supuesto, si el piñon *A* tuviera 24 dientes, la rueda *C*, de doble radio, tendria doble circunferencia, y por tanto 48 dientes; de modo que mientras el piñon *A* con el manubrio daba una vuelta, la rueda *C* y su piñon *D* no daría mas que media: como suponemos la rueda *E* de 24 pulgadas de radio y de 8 el piñon *D*, será la primera de una circunferencia 3 veces mayor, y tendrá 72 dientes; por tanto, mientras *D* haya dado una vuelta, *E* habrá dado solo un tercio: supongamos, pues, que el manubrio da una vuelta entera en un minuto; *CD* necesitarán dos para darla, y la rueda *E*, lo mismo que el eje *H*, emplearán 6 minutos. Si suponemos que sea la rueda *E* la que recibe el movimiento, si da una vuelta en 1 minuto, el piñon *D* y la rueda *C* darán 3 en el mismo tiempo y *A* dará 6, ó lo que es lo mismo, dará una vuelta el piñon *A* en $^1/_6$ de minuto, ó sea 10 segundos: de este modo se producen velocidades sumamente pequeñas, y tambien estraordinariamente grandes. Los rallos en la fabricacion de azucar de remolacha y en la de féculas, tienen generalmente una velocidad de mas de 1000 vueltas por minuto, unas 16 por segundo.

Fig. 41.



64. Rosca sin fin. Puede ponerse en movimiento una rueda dentada por medio de un tornillo (*figura* 41), y en este caso los dientes de la rueda formarán la tuerca; dispuesto el aparato como marca la figura, tendremos una máquina compuesta de tornillo en forma de torno y rueda dentada, reuniéndose estos órganos para aventajar la potencia; á este aparato suele darse el nombre de *rosca sin fin*.

Fig. 42.



65. Cremallera. Puede tambien trasmitirse el movimiento por medio de una rueda á una barra dentada, en cuyo caso el aparato recibe el nombre de *cremallera*.

66. Crik. Ejemplo de la cremallera es el aparato llamado Crik, cuyo objeto es elevar un cuerpo de mucha masa con un pequeño esfuerzo (*fig.* 42). Se compone de una barra dentada *A* que engrana con un piñon *R*, el cual con la barra se encuentran colocados en una caja de madera que en la figura se supone cortada para ver el interior; en la parte esterior de esta hay un manubrio *C* unido al eje del piñon *R* y á una rueda *H* dentada. Si se coloca el aparato sostenido en el suelo, y en la parte superior de la barra se engancha el cuerpo que haya de elevarse, por ejemplo el eje de un coche, dando vueltas al manubrio saldrá la barra de la caja produciéndose el efecto de un torno (54).

cuyo cilindro es el piñon *R* movido por el manubrio; de modo que si este tiene **12** pulgadas y el piñon una de rádio, con el esfuerzo de **2** arrobas se podrá producir uno de $^{12}/_1 \times 2 = 24$ arrobas (55). Para mantener elevada la barra el tiempo necesario, se pone en el esterior de la caja un corchete *L* que engancha en los dientes de la rueda *H*, y sostiene la barra fija hasta que se desenganche.

67. En toda especie de engranajes la pérdida de fuerza por el frotamiento es bastante grande, siendo esta pérdida mayor naturalmente cuanto mas ruedas tenga el sistema.

CAPITULO VII.

POROSIDAD.

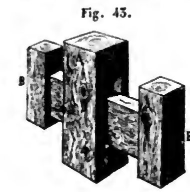
68. Definicion. Se llama porosidad á la propiedad que tienen los cuerpos de *conservar entre sus moléculas unas distancias que forman pequeñas cavidades*, á las cuales se da el nombre de *poros*. Esta propiedad general para todos los cuerpos, que nace de no tener ninguno sus moléculas en contacto, sino separadas á mas ó menos distancia unas de otras, no corresponde á la materia, pues evidentemente los átomos no tienen poros.

69. Volúmen real y aparente. Puesto que los cuerpos son porosos, el espacio que uno ocupe no estará completamente lleno con su masa, pues hay que descontar de este espacio el que forman los poros, y por esta razon se distingue en los cuerpos el *volúmen real*, que es el ocupado solo por su masa, del *volúmen aparente*, que es el ocupado por su masa y por sus poros.

70. Pruebas de la porosidad. Algunos cuerpos presentan á la simple vista cavidades mas ó menos grandes, como la esponja y la piedra pomez; pero tales cavidades no deben llamarse poros, pues resultan de la forma particular que estos cuerpos reciben de la naturaleza, así como no se llaman poros los agujeros que el arte puede producir en una madera ú otro cuerpo: sin embargo, estas cavidades suelen llamarse *poros sensibles*, para distinguirlos de los poros no visibles, llamados *físicos*, los cuales son bastante pequeños para no impedir la accion de unas moléculas sobre otras. Todos los cuerpos pueden aumentar y disminuir de volúmen por causas que veremos mas adelante; luego todos son porosos, pues se concibe que una molécula no disminuirá de volúmen porque habria de suponerse que una parte de la materia penetraba en otra porcion de ella misma para ocupar las dos porciones un mismo lugar: si las moléculas no disminuyen de volúmen, al disminuir el cuerpo no lo hará de su volúmen real, sino del aparente, es decir, que lo que sucederá en el cuerpo al disminuir su volúmen será que sus moléculas se aproximan ó que sus poros se hacen menores; luego estos poros existen. Como no se ha llegado con ningun cuerpo al caso de que no se pueda disminuir de volúmen, resulta que la distancia entre sus moléculas puede disminuir siempre, pero no llegar á cero; lo que prueba que todos son porosos.

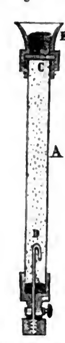
71. Fenómenos producidos por la porosidad. La porosidad esplica varios fenómenos que se observan en los cuerpos. Las maderas se dejan penetrar por el agua aumentando el volúmen; por esto las puertas y cajones suelen no poderse cerrar en tiempo húmedo, y por esto tambien se barnizan ó pintan al óleo cuando han de estar espuestas al aire, para hacerlas menos penetrables á la humedad. Una madera comprimida fuertemente vuelve á su forma introduciéndola en agua: supongamos que se practica una abertura en una pieza de madera *A* (*fig.* 43), y se corta otra pieza *B* tambien de madera, formando dos cabezas que no puedan entrar por la abertura de *A*; comprimiendo una de las ca-

Fig. 43.



bezas entrará facilmente, y si despues se mete en agua volverá á su volúmen y no podrá salir. En las canteras practican aberturas ó cajas en la piedra, todas en la misma direccion, y despues en ellas introducen á mazo pedazos de madera seca, que luego mojados producen la suficiente fuerza para separar grandes trozos de la piedra. Tambien se dejan penetrar por el agua muchas piedras, pues rompiéndolas despues de algun tiempo de su inmersion en este líquido se encuentra mojado su interior: por esto algunas se emplean para filtrar las aguas, como veremos mas adelante. Las *estalactitas* se forman por la porosidad de los terrenos; el agua de lluvia filtra por ellos, disolviendo á su paso algunas sustancias; llega á la parte superior de las grutas ó cavidades formadas por la naturaleza en el interior de estos terrenos, y allí se evapora, dejando los cuerpos que traia en disolucion, que en el trascurso de los años forman largos témpanos y columnas

Fig. 44.



que toman el nombre de *estalactitas*. Las pieles de los animales dejan pasar el agua, y la piel del hombre es tambien porosa, por eso permiten la traspiracion. El aceite penetra muchos cuerpos que otros líquidos no penetran, llegando á grande profundidad, por lo que es dificil quitar su mancha. Muchos cuerpos puestos en agua dejan salir al través de esta burbujas de aire que estaba contenido en sus poros, y es desalojado por ella. Si se coloca un huevo dentro de un vaso de agua, debajo de una campana de cuya capacidad se estrae el aire por medio de una máquina llamada *neumática*, que daremos á conocer mas adelante, veremos salir del interior del huevo, al través del agua, muchas burbujas de aire, lo que prueba que la cáscara del huevo es porosa. Puede hacerse un esperimento que prueba la porosidad de muchos cuerpos: supongamos (*fig.* 44) un tubo *A* de cristal abierto por su parte superior y terminado en una guarnicion metálica donde pueda entrar á rosca un vaso sin fondo *E* de metal; en la parte inferior lleva el tubo *A* otra guarnicion de metal para adaptarle á la máquina neumática que antes hemos citado: coloquemos entre el tubo *A* y el vaso *E* un disco *C* del cuerpo cuya porosidad queremos probar, que forme el fondo del vaso, y echemos mercurio en este; estrayendo el aire del tubo *A*, veremos al mercurio caer en forma de lluvia menuda atravesando el disco *C*, que puede ser de madera, suela y otros muchos cuerpos. El tubo encor-

vado *D* se coloca para que el mercurio que cae no se salga del *A*. Los académicos de Florencia, queriendo probar que los líquidos disminuyen de volúmen comprimiéndolos, hicieron una esfera hueca de oro, que llenaron de agua y taparon perfectamente: fundados en que la esfera es el cuerpo de mas volúmen en igual superficie, comprimieron la que habian preparado para ver si podia tomar otra forma, lo que les probaria, caso de verificarse, que el agua ocupaba menos volúmen; pero colocada en una prensa la esfera, el agua empezó á salir por toda la superficie del metal, probando la porosidad del oro; repetido el esperimento con otros metales, produjo el mismo efecto.

72. Porosidad de los líquidos. Puede esplicarse por la porosidad de los liquidos el esperimento que ya hemos citado en otro lugar (15), de dos líquidos colocados en un tubo, que antes de mezclarse le llenan completamente, y despues de mezclados no bastan para llenarle. Sin embargo, algunos suponen que este fenómeno es producido por una combinacion química.

73. Porosidad de los gases. En los gases la mucha disminucion de volúmen que esperimentan á veces por pequeñas causas, y la mezcla de unos con otros sin aumentar de volúmen que pueden producirse, como veremos mas adelante, son fenómenos debidos á su porosidad.

74. Aplicaciones de la porosidad. Algunos cuerpos, y particularmente el carbon, absorben grandes cantidades de gases y liquidos, por lo que se emplean para desinfectar, pues quitan del aire los gases dañosos y le hacen sano. Tambien se emplea en los sitios húmedos para que absorva esta humedad.

75. Filtros. Los filtros de todas especies son aplicaciones de la porosidad: el papel, bayeta, fieltro, algodon en rama, arena, carbon, esponja y otros muchos cuerpos tienen poros suficientemente grandes para dejar pasar un líquido, pero no un cuerpo sólido que pueda tener en suspension, por muy dividido que se encuentre; y asi se logra separar los dos cuerpos, pasando el líquido y quedando el sólido sobre el filtro. En muchas poblaciones las aguas se toman de un rio ú otros puntos que las producen turbias, y en este caso es necesario filtrarlas. Está adoptado en España para estos casos el encerrar las aguas, ya de lluvia ó de otro cualquier origen, en grandes depósitos ó *algibes*, en los que una larga estancia y el reposo las purifican, depositándose en el fondo todos los cuerpos que las enturbiaban; pero este método es bueno ó malo segun la procedencia de las aguas y el cuidado que se pone en su conservacion: si al llegar á los algibes contienen sustancias animales ó vejetales, entrando estas en putrefaccion corrompen el agua ó le dan por lo menos un sabor mas ó menos pronunciado; el mismo efecto se produce si no están bien limpios los algibes. En el caso de que estos den aguas de mala calidad, ó no existan y sea necesario tomarlas turbias, es indispensable filtrarlas. Muchas poblaciones, Madrid una de ellas, reciben las aguas por terrenos que las filtran y purifican, de modo que no necesitan otra filtracion para ser de escelente calidad, pero en muchas otras no sucede esto, y en ellas si no se encuentra establecida la filtracion para toda el agua que la localidad recibe, es necesario en cada casa un aparato de filtrar: vamos á describir algunos de los muchos que se emplean en diferentes puntos. El mas sencillo es sin duda el formado por una pila ó caja de piedra porosa de una pieza, en donde se echa el agua, que filtrando al través de la piedra pasa goteando á un depósito inferior

de donde puede tomarse. La piedra porosa se encuentra en diferentes puntos, y en España la hay que sirve muy bien para este objeto, sobre todo en el Pirineo. Esta especie de filtros se varian de muchas maneras; puede formarse el recipiente con la piedra porosa y colocarle cerrado dentro del agua turbia, y en tal caso pasará esta filtrada al interior. El mismo filtro se ha dispuesto para trasportarle facilmente, por ejemplo en un viaje, haciendo que su efecto sea pronto: se compone (*fig.* 45) de un recipiente *A* formado con la piedra porosa, y de cualquier figura y capacidad, pudiendo ser del tamaño de una botella comun; este recipiente

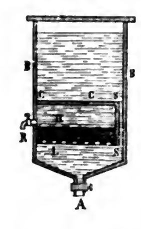
Fig. 45.



está terminado por una pieza *B* metálica que le cierra, dejando solo abierta la boca *D*, á la que se adapta á rosca una pequeña *bomba*, aparato que daremos á conocer mas adelante, y que tiene aquí por objeto estraer el aire contenido en *A*; introducido el recipiente *A* en una agua turbia se hace funcionar la bomba, y el agua entra prontamente filtrándose al pasar por los poros de la piedra. Ya lleno este filtro, si se tapa bien, despues de quitar la bomba, el agua se podrá trasportar, pues no se saldrá sino en pequeña cantidad por los poros de la piedra, enfriando la que no sale y produciendo el mismo efecto que las alcarrazas, de que nos ocuparemos mas adelante. La piedra en esta clase de filtros podria sustituirse con vasos de arcilla muy porosos, que se fabricarian en algunos puntos de España, acaso con facilidad. Todos estos filtros son lentos en su accion, y no desinfectan el agua si está, como vulgarmente se dice, corrompida.

76. Filtro Leloge y otros. El filtro debido á Leloge (*fig.* 46) es pronto en su accion y puede desinfectar el agua. Se compone de una caja *B* que puede ser de cualquier cuerpo no poroso, madera ó piedra, terminado en su parte inferior

Fig. 46.



por un fondo algo vertiente al centro, en donde tiene un tubo *A* con llave. Esta caja se encuentra dividida por una plancha *C* de piedra no porosa, por otra *H* de piedra porosa, y por una tercera *L* de madera ú otro cuerpo con agujeros, de modo que se encuentra dividida en 4 espacios desiguales, de los que el superior comunica con el inferior por medio de un tubo *S*, y el comprendido entre *L* y *H* está lleno de carbon. Echando el agua turbia al espacio superior pasa por *S* al espacio inferior, posándose en los dos; pero la presion que recibe el agua del depósito inferior de la del superior la hace subir entrando por los agujeros de *L* atravesando el carbon, en el que se limpia y desinfecta, y luego la piedra porosa *H*, al través de la cual acaba de clarificarse, de modo que por la llave *R* se saca el agua filtrada de la parte comprendida entre *C* y *H*. Los posos del agua se sacan por *A* de la parte inferior y se retiran directamente de la plancha superior *C*. El carbon puede renovarse por una abertura lateral muy bien cerrada correspondiente á este depósito, pero puede durar sin renovarle mucho tiempo. Tambien suelen estar los discos *C*, *H* y *L* dispuestos de modo que ajusten bien en la caja *B*, pero que se puedan quitar. Si las aguas necesitan solo filtrarse, no hay que poner carbon, y en este caso se llena el espacio entre *C* y *H* con arena. Un peque-

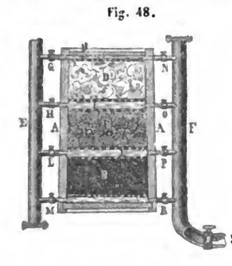
ño agujero en la pared del recipiente entre *C* y *H* dejará salir el aire cuando se vaya llenando de agua.

77. Para las aguas corrompidas y turbias será escelente filtro, y facil de preparar en grande ó en pequeño, uno compuesto del modo siguiente. En una caja ó recipiente de madera ó cualquier otro cuerpo con el fondo agujereado, ó formado de listones cruzados, se coloca una capa de piedra menuda ó guijo, encima otra de arena gruesa, despues otra de arena fina, y sobre esta, otra de carbon menudo; este carbon se cubre con otra capa de arena fina, otra de gruesa, guijo encima, y se cubre con una tabla agujereada ó listones. El grueso de estas capas será segun el agua que haya de filtrarse, y si está mas ó menos corrompida se variará el de la capa de carbon entre dos pulgadas y un pie. Estas capas se renuevan cuando los posos del agua las obstruyen, pero duran mucho tiempo en buen estado, y si se coloca una tela gruesa encima del aparato, recojerá esta mucha parte de los posos y las capas durarán mas tiempo.

78. Otro filtro sencillo que puede emplearse en grande ó en pequeño, consiste (*fig.* 47) en un recipiente *A* de forma cualquiera con un disco *B* agujereado y colocado á alguna distancia del fondo: sobre este disco se coloca otro recipiente *C* mas pequeño que el *A*, de modo que resultará un espacio *R* entre los dos recipientes; en este espacio y en *C* se coloca el cuerpo filtrante *H*, que se dispondrá como va dicho en los filtros anteriores y segun el estado del agua que se ha de filtrar, cubriéndole con una tabla agujereada. Haciendo entrar el agua turbia en *C* filtra de arriba hácia abajo, y la presion del agua de este recipiente hace que la de la parte inferior suba al espacio *R* filtrándose de abajo para arriba; una llave *S* colocada en *R* dará el agua filtrada.

Fig. 47.

79. Filtro Fonvielle. Un aparato que se encuentra establecido para el surtido de varias fuentes y edificios de París, es el preparado por Fonvielle y perfeccionado despues. Se compone (*fig.* 48) de una cuba de madera *A*, dividida en tres partes, *B*, *C* y *D*, por medio de planchas agujereadas que forman entre sí unos pequeños espacios *L*; la parte *B* se llena de carbon, la *C* de guijo y arena en capas ordenadas como hemos dicho en otro filtro anterior (77), y la *D* de esponja en pedazos pequeños; una tapa *U* que se sujeta por medio de tornillos cierra perfectamente la cuba: por el tubo *E* baja el agua que se ha de filtrar, de un depósito colocado mas alto que la cuba *A*, y este tubo tiene otros cuatro con llaves *G*, *H*, *L* y *M*, que están unidos á la cuba *A* en los espacios *L* entre las planchas agujereadas: otro tubo *F* comunica tambien con la cuba *A* en los espacios *L* por los tubos de llave *N*, *O*, *P* y *R*, y conduce el agua filtrada á un depósito, ó lleva al esterior el agua no filtrada que pase por él, para lo cual se divide en dos brazos que tienen llaves. Al empezar la operacion es necesario sacar el aire contenido en cada division, y para esto se hace entrar agua de


Fig. 48.

la manera conveniente; por ejemplo, para sacarle de la division *D* se abren las llaves *G* y *O*, poniendo en comunicacion el tubo *S* con la salida del agua puerca; de este modo el agua viene por *E* y *G*, y atravesando *D* espulsa el aire que sale por *O*: del mismo modo se espulsa de las otras divisiones *C* y *B*. Para filtrar se cierran todas las llaves escepto la *M* y *N*, de modo que el agua baja por *E* y entra por *M*, elevándose por *B*, *C* y *D*, para salir por *N* y *S* al depósito de agua filtrada con el que se pondrá en comunicacion *S*; y estando, como hemos dicho, mas alto el depósito de agua que la cuba *A*, la presion de esta altura hace que la filtracion se efectúe con bastante rapidez. Para limpiar el filtro cuando está cargado de posos del agua se va haciendo la operacion por divisiones; para la *D* se hace entrar agua por *G* y salir por *O*, y despues se la hace entrar por *H* y salir por *N*, marchando en los dos casos por el tubo *S* al esterior; así las dos corrientes en sentido opuesto limpian muy bien cada division en pocos minutos. Para cambiar cualquiera de los cuerpos filtrantes se abren unas puertas colocadas lateralmente en las divisiones, cambiándose el carbon cada ocho dias y los demás cuerpos en un tiempo mas largo. Un filtro de este género, establecido con la presion algo mayor que de 1 atmósfera (30) y de 1 metro cuadrado de superficie proximamente, produce unas 25.000 azumbres por cada 24 horas; siendo este filtro muy bueno por la regularidad de su marcha y la facilidad con que se limpia.

80. Ha producido muy buen efecto el colocar las superficies filtrantes verticales: para conseguirlo se hacen cilindros de diferentes diámetros, ya sea de tela fuerte, de metal agujereado ó de otro cuerpo cualquiera: estos cilindros se colocan unos dentro de otros, y en los espacios que forman se ponen los cuerpos filtrantes: cerrando estos aparatos perfectamente por la parte superior é inferior y haciendo llegar el agua al centro con alguna presion, va saliendo filtrada al esterior, y tiene la ventaja esta disposicion de presentar mas superficie en igual capacidad, además de que el poso cae al fondo y no obstruye tanto la superficie filtrante. Para limpiar este filtro se hace entrar el agua desde fuera á dentro, lo que es facil si está colocado en una caja esterior bien cerrada y mayor que él.

81. Souchon ha empleado la lana como cuerpo filtrante, y está produciendo muy buenos resultados en la filtracion de aguas de París.

82. Se han hecho filtros en los que se produce presion sobre el líquido que se ha de filtrar por medio de máquinas á propósito para que la cantidad filtrada sea mayor, pero no se puede esceder cierto límite en la presion, porque exajerada, hace pasar turbia el agua.

83. Filtracion en grande escala. En algunas poblaciones de Francia, Inglaterra y otros paises se han establecido grandes aparatos ó medios de filtrar, ya por empresas particulares ó ya por las municipalidades, y vamos á dar á conocer algunos de estos métodos de filtracion en grande escala. En París hay varias compañías que filtran, generalmente con los aparatos que acabamos de esplicar.

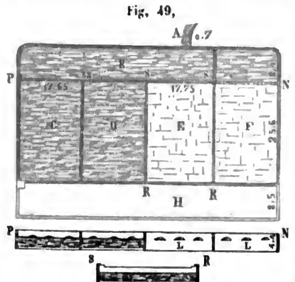
84. En Burdeos hay establecido un vasto sistema de filtracion que vamos á describir. A la orilla del rio Garona se ha formado un estanque cuyo fondo está 2 metros mas elevado que las aguas bajas del rio, y tiene 100 metros de longitud, 60 de ancho y 2 de profundo, dividido en toda su longitud por un mude $4^m,5$ de grueso, y cada mitad tambien dividida en 10 partes iguales, formándose

por lo tanto 20 depósitos separados: lateralmente al estanque total, se han construido dos estensas galerías que se reunen delante del rio y comunican á voluntad con un estanque posterior, las cuales al subir la marea se llenan, y para que el agua no se salga de ellas cuando baja, se cierran con unas compuertas que la detienen; en ellas permanece el agua 24 horas, en cuyo tiempo deja mucho poso en el fondo y pasa al estanque posterior, del cual se toma con una bomba movida por una máquina de vapor para elevarla hasta cada uno de los 20 depósitos que antes hemos indicado. En estos se ha colocado una capa de arena gruesa y encima otra de fina formando en todo un grueso de 1^{m},75, unos 6 pies, y esta capa es la que forma el filtro por donde atraviesa el agua posada antes en las galerías laterales, saliendo despues por un conducto practicado en el muro de division que comunica con todos los pequeños depósitos por medio de otros tubos menores: este conducto lleva el agua á otro estanque, desde el que una bomba movida por el vapor la eleva á otro depósito de distribucion, construido á la altura de 30 metros sobre las aguas bajas del rio, y desde esta altura se conduce á todos los puntos donde es necesaria en la poblacion. La cantidad de agua que se ha calculado que puede filtrarse diariamente es 7000 metros cúbicos, ó sea 3 $^1/_2$ millones de azumbres. Para limpiar los depósitos del poso y tierra que el agua deja se hace entrar una porcion de esta por el conducto del muro del centro, la cual entrando con rapidez limpia la superficie de los depósitos, saliendo despues cargada de los posos á las galerías laterales, las que se limpian á su vez haciendo entrar el agua del rio y no deteniéndola en ellos al bajar la marea.

En Londres la compañía de Chelsea filtra el agua teniéndola primero depositada en un estanque, desde el cual pasa á otro, y despues de posada en los dos pasa á un tercero que contiene una capa de 2 metros de altura, formada de arena gruesa y menuda: cuando toda el agua de este filtro ha pasado quitan el poso que deja, raspando la superficie. En Greenwich se ha establecido un filtro semejante, pero que puede recibir el agua por la parte superior para que se filtre al descender, ó puede recibirla por abajo, y de este modo los posos que obstruyen el filtro, suben y marchan con el agua por un canal de desagüe.

85. Filtracion en Valencia. En España, Valencia está surtida de aguas filtradas por medio de un sistema que vamos á dar á conocer. El agua se toma en el rio Turia, donde hay establecida una presa con este objeto, y por medio de un conducto ó canal llega al pueblo de Manises, donde se hallan establecidos los filtros: en las afueras de esta poblacion se encuentra un cercado de tapias en cuyo interior se ha formado de ladrillo y mortero un gran depósito rectangular dividido en varias partes (*fig.* 49). El agua turbia llega por el canal que antes hemos indicado, representado en *A*, y cuya anchura es 0^{m},7, y se vierte en el depósito *B*, ancho de 8^{m},4, el cual la reparte por medio de compuertas *L* á los depósitos *C, D, E* y *F*, que tienen de largo 25^{m},6 y de ancho 17^{m},65,

Fig. 49.

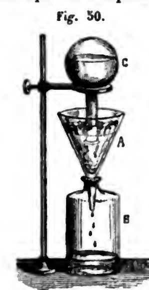


escepto el *E*, que tiene 0m,1 mas, siendo la profundidad de todos 4m,4, y la superficie 452 metros cuadrados cada uno próximamente. En estos depósitos enteramente descubiertos, se filtra el agua por una capa filtrante de 2 metros de profundidad, y arreglada del modo siguiente: á una altura de 0m,3 del fondo del depósito hay otro fondo formado de ladrillos agujereados, y sobre ellos una capa de piedra de 0m,3; encima siguen otras capas de 1 á 2 decímetros de grueso, formadas de piedra menuda, arena gruesa con piedra, arena gruesa, y sobre esta una capa final de arena fina de 0m,9 de espesor. En el espacio entre los dos fondos se reune el agua filtrada, y desde aquí pasa por tubos de hierro á un depósito *H* enteramente cubierto, que tiene de ancho 8m,50 y la profundidad y largo que determinan los filtros. De este depósito sale un tubo canal con sus correspondientes registros perfectamente dispuestos, que conduce el agua al pueblo de Mislata, distante de Manises una legua próximamente: en este pueblo de Mislata existe un depósito cubierto con 11 bóvedas sostenidas en machones, todo de ladrillo, y cuyas dimensiones podrán ser próximamente 60 metros de largo por 40 de ancho y 5,5 de profundo, pasando el agua desde este depósito á distribuirse en Valencia, distante una legua corta. El agua llega enteramente turbia á los filtros y sale perfectamente clara, á pesar de que á los 5 años de su establecimiento no habia sido necesario renovar la capa filtrante: hasta esta época, á mediados de 1855, han funcionado los dos filtros *C* y *D*, y entonces solo funcionaba el *C*, pues el *D* estaba en reparacion y los *E* y *F* no se habian usado todavía: es un sistema de filtracion que está produciendo los mejores resultados por su buena disposicion.

86. Los filtros que hemos descrito pueden aplicarse á toda especie de líquidos variando convenientemente ya la forma ya la materia filtrante, pues sobre el mismo principio pueden disponerse de muchas maneras distintas. Los aceites, vinos, vinagres, jarabes y muchos otros líquidos pueden filtrarse con ellos, teniendo presente que la filtracion de abajo para arriba es en general preferible, porque los posos no caen sobre la materia filtrante, y por tanto se obstruye menos y dura mas.

87. Filtracion contínua. Para filtrar de una manera contínua, sea cualquiera el líquido, se han empleado varios métodos. Si se trata de filtrar en un laboratorio cantidades pequeñas, puede hacerse del modo siguiente (*fig.* 50). Colocado el embudo *A* sobre el frasco *B*, se pone boca abajo el recipiente *C*, que contiene el líquido que se ha de filtrar; este cae en el embudo hasta que llega á la altura de la boca del recipiente *C*, el cual queda tapado con el mismo líquido y no bajará nueva cantidad al embudo hasta que por la filtracion disminuya y descubra la boca de *C*, dando entrada al aire. Los principios que esplican este fenómeno se estudiarán mas adelante. Puede ponerse en lugar del recipiente *C* otro con dos llaves, una en la parte superior y otra en la inferior; cerrando la primera y abriendo la de abajo, se tiene el mismo aparato descrito, y cuando es necesario llenar de líquido este recipiente se cierra la llave de abajo, y por la de arriba se rellena del líquido que se ha de filtrar.

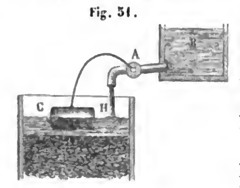
Fig. 50.



88. Llave de flotador. Se emplea tambien en muchos casos, y entre ellos para la filtracion de jarabes en la fabricacion de azucar, un sencillo aparato

que produce filtracion continua y regular (*fig.* 51), el cual está formado de una llave *A* que hace pasar el líquido desde el depósito *B* al filtro *C*. Un flotador *H* está unido á esta llave, y se encuentra dispuesto de modo que cuando el líquido ha caido en la cantidad conveniente sube y cierra la llave, y despues, cuando el nivel del líquido baja, vuelve á abrirse la salida y cae líquido.

Fig. 51.



Hemos descrito los principales filtros, ya para grandes cantidades de líquido, ya para pequeñas, pero es evidente que no ha sido posible describir todos los conocidos: sin embargo, creemos haber dicho lo suficiente para dar á conocer con la estension necesaria esta aplicacion importante de la porosidad.

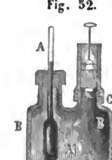
CAPITULO VIII.

COMPRESIBILIDAD.

89. Definicion. Compresibilidad es *la propiedad que tienen los cuerpos de disminuir de volúmen, cuando una fuerza se aplica de la manera conveniente para producir este efecto.* Puesto que todos los cuerpos son porosos, se concibe que sus moléculas puedan aproximarse unas á otras, si una fuerza las obliga á ello; y por tanto la compresibilidad será una propiedad de los cuerpos, pero no será una propiedad de la materia, porque ya hemos dicho (70) que tendríamos que suponerla penetrable para esplicar su disminucion de volúmen.

90. Compresibilidad de los sólidos. La compresibilidad es facil de reconocer en algunos sólidos, pues disminuyen de volúmen muy sensiblemente, pero en otros no se manifiesta con facilidad. Puede verse en varios, por ejemplo en el cristal, formando con ellos un recipiente (*fig.* 52) terminado en un tubo delgado y largo *A* y lleno de líquido hasta una porcion del tubo; colocado en un vaso *B* de paredes resistentes, cerrado con un tapon que entre á rosca, por el que atravesará el tubo, si se introduce aire por medio de un aparato colocado en *C*, el líquido irá subiendo en el tubo, lo que nos probará que el recipiente ha disminuido de volúmen con la presion del aire que se ha introducido. En muchos cuerpos, y entre ellos los metales, se quedan marcadas las señales de una fuerte presion; por ejemplo, un metal recibe la impresion de un punzon ó de la acuñacion: pero estas impresiones no pueden servir de prueba para concluir que se han comprimido, pues no es facil ver si al disminuir una de sus dimensiones ha aumentado otra: sin embargo, mas adelante, al tratar de la *densidad* de los cuerpos, veremos que es facil probar que el estampado, forjado, prensado y otras operaciones hacen disminuir el volúmen

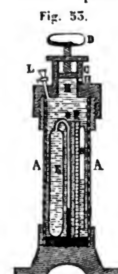
Fig. 52.



de los cuerpos. La compresibilidad tiene su límite, pues los cuerpos sometidos á una fuerte presion se reducen á pequeños pedazos; es decir, que sus moléculas se separan.

91. Compresibilidad de los líquidos. Los líquidos son muy poco compresibles, y por esta razon se habia creido por varios físicos que no lo eran. Sin examinar los medios empleados por cada uno, describiremos el aparato con que en el dia se demuestra la compresibilidad de cualquier líquido. Este aparato, llamado *piezómetro* (*fig.* 53), dispuesto por Œrsted hace unos 30 años y perfeccionado despues, se compone de un tubo de vidrio *A* muy resistente, cerrado por su parte inferior con una guarnicion metálica; en su parte superior lleva otra guarnicion tambien metálica terminada por un tubo *B*, en el que sube ó baja un émbolo *C* por medio del tornillo *D*; además tiene esta guarnicion un tubito *L* con llave, terminado en un embudo: dentro del tubo *A* se coloca un recipiente *E* que termina en un tubo *O* de muy pequeño diámetro, y que está encorvado para presentar su estremo abierto á la parte inferior: acompaña á este recipiente una escala *R* que debe marcar partes del tubo *O*, las cuales han de representar una fraccion conocida de la capacidad total del recipiente *E*, por ejemplo millonésimas partes. Tambien se coloca dentro de *A* otro tubo *S* cerrado por su estremo superior, en el que se marca la presion que se produce. Introduzcamos en el recipiente *E* el líquido cuya compresibilidad queremos examinar, de modo que llene completamente el tubo *O* tambien; pongamos mercurio en el fondo de *A* y coloquemos dentro este recipiente lleno, haciendo que el estremo de *O* se introduzca en el mercurio: cerrado el aparato se llena completamente por el embudo *L* del mismo líquido que se trata de comprimir, en cuyo caso el aire habrá salido por un pequeño agujero practicado en *H*; bajando en seguida el émbolo queda tapado este agujero *H* y el líquido empieza á ser comprimido, comunicando su presion al mercurio, el que á su vez la comunicará al líquido que llena el tubo *O* y el recipiente *E*; en este caso veremos que el mercurio se eleva en el tubo *O* tanto mas cuanto mayor sea la presion, y esto nos probará que el líquido de *E* se ha comprimido, pudiendo ver en la escala en qué cantidad: si por ejemplo el mercurio ha subido hasta la division 50 y la escala es de millonésimas del volúmen total, tendremos que el líquido ocupa dentro de *E* un espacio, contado desde el estremo de la columna de mercurio, que es 50 millonésimas del volúmen total menos que al principio, ó lo que es lo mismo, el líquido se comprime 50 millonésimas de su volúmen con la presion que se ha producido. El recipiente *E* se pone dentro del líquido para que este, al recibir la presion, comprima hácia adentro el cristal de que está formado aquel, al mismo tiempo que el líquido que tiene en su interior le comprime hácia afuera; pero el cálculo ha dado que las dos presiones no producen el mismo efecto, y que el recipiente disminuye una pequeña cantidad: por lo tanto es necesario correjir este error, lo que se conseguirá facilmente, pues el mismo cálculo da la cantidad que es necesario aumentar. Hecho el esperimento con varios líquidos y correjido el error del recipiente, se ha encontrado la disminucion de volúmen siguiente para una atmósfera de presion.

Fig. 53.



	Millonésimas.
Agua pura..............................	49,5
Agua destilada (privada de aire)..........	51,3
Mercurio..............................	5,03
Alcohol................................	93,5
Eter sulfúrico..........................	133
Acido sulfúrico........................	32
Acido nítrico..........................	32,2
Aguarrás..............................	73

Estas disminuciones de volúmen no son enteramente regulares, es decir, que si para 1 atmósfera es la cantidad marcada, para 2 no será doble; sin embargo, en el agua y mercurio se pueden tomar como proporcionales á la presion cuando esta no es muy considerable, pues la diferencia es pequeña si acaso existe. Tampoco la disminucion de volúmen tiene relacion con ninguna otra propiedad de los cuerpos; de modo que no podremos deducir que uno será mas ó menos compresible porque tenga otra propiedad cualquiera.

Fig. 54.



92. Compresibilidad de los gases. Los gases se comprimen mucho mas que los otros cuerpos; si se echa en un tubo encorvado *A* (*fig.* 54), cerrado por su estremo *B*, una porcion de mercurio para interceptar la comunicacion de los dos brazos, quedará aire encerrado en *B:* si vamos añadiendo mercurio en el tubo *A*, este ejercerá presion sobre el aire encerrado en *B*, que veremos disminuir en volúmen de una manera muy sensible. Si encerramos en *B* otro gas cualquiera, se producirá el mismo efecto; de modo que todos los gases son compresibles, y al disminuir de volúmen presentan leyes particulares que estudiaremos mas adelante. El aparato que acabamos de describir se conoce con el nombre de tubo de Mariotte.

CAPITULO IX.

ELASTICIDAD.

93. Definicion. La elasticidad es *la propiedad que tienen los cuerpos de recobrar su forma cuando la pierden por el efecto que en ellos produce una fuerza cualquiera.* Esta propiedad corresponde á los cuerpos solamente, pues ellos y no la materia son compresibles y porosos. Unos cuerpos vuelven á su forma en un tiempo instantáneo, por ejemplo el marfil, y se llaman *elásticos de primera clase;* otros recobran su forma en un tiempo mas largo, y se llaman *elásticos de segunda clase.* Varias son las causas que influyen en la elas-

ticidad de los cuerpos sólidos y son tambien varios los medios de probarla; puede manifestarse por la presion, por la flexion, la traccion y la torsion.

94. Elasticidad por presion. Cuando un cuerpo se comprime ó recibe un choque, se deforma; es decir, que sus moléculas cambian de posicion. Si este cambio es grande, produce en unos cuerpos la separacion de las moléculas, ó lo que es lo mismo, la ruptura del cuerpo, y en otras una deformacion que permanece despues del choque; pero si el cambio de posicion no escede ciertos límites, que varian para cada cuerpo, las moléculas vuelven á recobrar su primera posicion instantáneamente si este es perfectamente elástico, desarrollando en sentido contrario una fuerza teóricamente igual á la que fue necesario para separarlas, ó si el cuerpo no es perfectamente elástico, vuelven á su posicion en un tiempo mas largo. Facil es probar que el cuerpo se deforma en el momento del choque; supongamos un plano de mármol lo mas perfecto y pulimentado posible, y una esfera de marfil, piedra, cristal, ó cualquier otro cuerpo muy elástico, y construida tambien con la mayor perfeccion; colocada la esfera sobre el plano deberian tocarse solamente en un punto suponiendo que fueran figuras exactamente matemáticas; pero considerando las imperfecciones que resultan en la construccion de un plano y una esfera, se tocarán mas que en un punto, pero será en una pequeña estension: echemos aliento sobre el plano y dejemos caer la esfera de una cierta altura; en el sitio del choque encontraremos una huella sobre la capa de aliento, que será un círculo de tanta mayor estension cuanto de mas alto ó con mas fuerza caiga la esfera: pero esta huella es porque se quita la capa formada por el aliento, y prueba que ha habido contacto en toda su estension, luego ha tenido que aplastarse la esfera y hundirse el plano para que este contacto se haya verificado. Al chocar la esfera con la piedra bota elevándose sobre ella, lo que nos prueba el desarrollo de fuerza en sentido contrario de la direccion del choque. Si el cuerpo no fuera perfectamente elástico, acaso no botaria, pero puestos en circunstancias á propósito botarán todos, y darán señales de elasticidad; estas circunstancias son varias.

95. Temple. El *temple* aumenta la elasticidad, y se llama *temple* á la operacion de calentar fuertemente un cuerpo y hacerle enfriar de pronto. El acero, vidrio y varios otros se templan, y entonces son mas elásticos; se esceptuan algunos, y entre ellos la aleacion que resulta de mezclar 22 partes de estaño y 78 de cobre, que sirve para construir los aparatos llamados *campanas chinas*, pues templada esta aleacion es menos elástica que sin templar. Esta operacion produce en las moléculas una posicion violenta, pues al enfriarse el cuerpo en su parte esterior se forma de pronto la caja ó espacio donde todas las moléculas del interior deben colocarse; pero siendo este espacio demasiado grande las hace tomar posiciones respectivas que no tomarian si el cuerpo, enfriándose lentamente, no formara la caja, y las moléculas se fueran agrupando naturalmente. Lo que dejamos dicho está bastante probado por varios hechos; un pedazo de acero templado tiene mas volúmen que el mismo enfriado lentamente. El cristal presenta una prueba mas concluyente: si cuando está fundido se deja caer en gotas dentro del agua, se observan huecos en el interior de estas gotas enfriadas de pronto al caer al agua, prueba que la corteza esterior ha formado un espacio demasiado grande para poderse llenar por las moléculas del interior despues de haberse en-

friado: además, si se rompe una parte de esta corteza formada, por ejemplo la punta, todo el cuerpo se reduce en el instante de la ruptura á pequeños pedazos ó polvo grueso; prueba de la posicion violenta de las moléculas, que roto el espacio que las retenia se separan al instante: estas gotas así preparadas se conocen con el nombre de *lágrimas batávicas*. Si se esplica la colocacion violenta de las moléculas en el temple, no es facil darse razon por qué en este estado ha de ser el cuerpo mas elástico.

96. Otras circunstancias que influyen en la elasticidad. El forjado y demás operaciones que tienden á reunir las moléculas de los cuerpos, aumentan su elasticidad. El estado de calor tambien influye; los metales son en general menos elásticos cuanto mas calientes están; la cera y otros cuerpos tienen la misma propiedad. La cantidad de masa del cuerpo influye para que dé señales de elasticidad; una esfera grande de cera arrojada sobre un plano de mármol no rebota, y si es pequeña botará, porque una masa grande no podrá ponerse en movimiento sensiblemente, en sentido contrario del choque, con la poca fuerza producida por la desviacion de las moléculas. La forma tambien influye para que el cuerpo aparezca elástico; la esférica es forma muy buena para marcar la elasticidad; si la esfera es hueca, será forma todavía mas conveniente, y la de anillo será la mas á propósito.

97. Elasticidad por flexion. Formando con los cuerpos planchas delgadas y angostas, y sujetas estas por uno de sus estremos, si se las desvia de su posicion vuelven á ella despues de haber vibrado mas ó menos tiempo: este medio de probar la elasticidad es muy sensible, y pocos son los cuerpos que no aparecen elásticos sometidos á esta prueba. Influyen en el caso presente las mismas causas que en el anterior (94).

98. Elasticidad por traccion. Aplicando dos fuerzas contrarias á los estremos de un alambre, que tiendan á alargarle, se observa que aumenta su longitud, volviendo despues á la que antes tenia cuando cesan las fuerzas si no han pasado de cierto límite. Savart ha hecho esperimentos fijando el alambre por un estremo y uniendo al otro un platillo: haciendo dos señales en el alambre, media la distancia entre ellas con una regla dividida colocada verticalmente, y valiéndose de un anteojo; poniendo despues en el platillo pesos distintos y repitiendo la medicion, se encontraba que el alambre habia aumentado de longitud: de este modo ha visto que los cuerpos se alargan en razon de la fuerza de traccion y de la longitud, y en razon inversa del cuadrado del diámetro.

99. Elasticidad por torsion. Si se fija un estremo de un alambre, y en el otro estremo se coloca una aguja horizontal, desviando esta de la posicion en que naturalmente queda, de modo que el alambre se tuerza, volverá á ella despues de haber oscilado algun tiempo si no ha pasado de cierto límite la torsion. En este caso la posicion de las moléculas varia por la fuerza que se emplea para torcer el alambre, y vuelven á recobrarla cuando la fuerza ha cesado. La sensibilidad de los cuerpos á esta prueba es grande, y Coulomb, que ha hecho muchos esperimentos, ha encontrado que el ángulo de torsion límite de la desviacion que un cuerpo puede sufrir para volver á su posicion, el cual ángulo es el marcado por la desviacion de la aguja, es proporcional á la fuerza, á la longitud del alambre, ó inversamente, proporcional á la 4.ª potencia del diámetro.

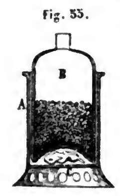
100. Aplicaciones de la elasticidad. Muchas son las aplicaciones de la elasticidad; toda especie de muelles ó resortes que para tantos usos se emplean, y que sería muy largo de enumerar, los colchones y almohadas llenos de lana ó pluma, los asientos de pelote, y muchos otros objetos que pudieran citarse, son aplicaciones de esta propiedad. *La balanza de torsion*, aparato destinado á medir pequeñas fuerzas, y que veremos mas adelante, es una importante aplicacion de la elasticidad de torsion. Pero como hemos dicho, la elasticidad tiene un límite en cada cuerpo, y por tanto la accion contínua de esta propiedad produce en ella variaciones que á veces son de consecuencia, y que han de tenerse presentes.

101. Los cuerpos sólidos son todos elásticos, es decir, que no hay ninguno desprovisto de esta propiedad; pero tampoco hay ninguno que sea tan perfectamente elástico como un cuerpo podria ser. El marfil, cristal, y algunos otros que son los mas elásticos, no lo son sin embargo completamente.

102. Elasticidad de los líquidos. Cuando hacemos el esperimento de comprimir un cuerpo en el piezómetro (91), al disminuir despues la presion vemos que el líquido, sea el que quiera, toma exactamente el mismo volúmen que en un principio tenia; esto nos prueba que los líquidos son perfectamente elásticos. Tambien lo prueba el que poniendo sobre un plano una gota de agua cubierta de polvo para que conserve su forma y no moje el plano, ó una de mercurio, que no le mojará, si se aplastan con el dedo se las ve tomar su primitiva forma cuando cesa la presion. Por esta elasticidad salta ó bota el agua que cae sobre la superficie de un sólido ó de un líquido.

103. Elasticidad de los gases. El estado en que los cuerpos son mas elásticos es el gaseoso, por cuya razon suele llamarse á los gases *fluidos elásticos:* solamente la propiedad que los distingue de los demás cuerpos prueba su mucha elasticidad, pues sabemos que un gas llena completamente la vasija en que se coloca, sea cualquiera la capacidad de esta y la cantidad de gas colocada (2); luego si un gas está limitado al volúmen que presenta, es porque hay una fuerza que le obliga á no dilatarse; pero si esta cesa, el gas aumenta su volúmen al instante. En el tubo de Mariotte (*fig.* 54), cuando se echa mercurio el aire se comprime (92), pero quitando este mercurio el aire se dilata hasta recobrar su primer volúmen. Puede hacerse tambien, para probar la elasticidad de los gases, el esperimento siguiente. Supongamos un vaso cilíndrico *A* (*fig.* 55), en el que entra otro *B* cuyo fondo es cóncavo hácia la parte esterior: coloquemos entre los dos fondos de *A* y de *B* una vejiga cerrada *C* con aire ú otro gas; poniendo el aparato debajo de la campana de la máquina neumática y haciendo el vacío, el gas contenido en la vejiga, que se encontraba comprimido por el aire esterior, se va dilatando á medida que este falta, y el vaso *B* va saliendo del *A*, siendo suficiente la fuerza de dilatacion del gas para hacer salir el vaso *B* aunque dentro de él se coloque otro cuerpo, perdigones por ejemplo.

Fig. 55.

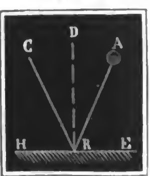


104. Teoría para esplicar la elasticidad. Se han hecho diferentes teorías para esplicar la elasticidad de los cuerpos, siendo una bastante admitida, el suponer que la forma de las moléculas es la que produce la elasticidad;

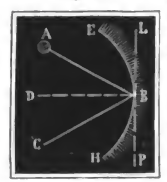
pero aun cuando pueda admitirse esta suposicion al comparar las elasticidades de dos cuerpos diferentes, no es admisible cuando se trata de esplicar la diferente elasticidad de un mismo cuerpo en circunstancias diversas, por ejemplo, sería muy violento suponer que el acero templado tiene las moléculas de distinta forma que cuando no lo está, y sin embargo su elasticidad es mayor en el primer caso (95).

105. Angulo de incidencia y de reflexion. Cuando un cuerpo cae sobre un plano, se llama *ángulo de incidencia* el formado por la direccion que sigue el cuerpo con la del plano sobre que cae, ó mas bien con la perpendicular tirada al plano en el punto del choque; y se llama *ángulo de reflexion* el formado por el plano en que ha chocado un cuerpo, ó por la perpendicular á él en el punto del choque, con la direccion que este cuerpo sigue al ser rechazado; siendo propiedad de todo cuerpo elástico el formar el ángulo de incidencia igual al de reflexion. Si un cuerpo elástico *A* (*fig.* 56) cae sobre el plano *EH* siguiendo la direccion *AR*, será rechazado despues del choque y seguirá la direccion *RC* formando el ángulo *ARE=CRH;* pero es evidente que si estos ángulos son iguales, lo serán tambien los dos *ARD* y *DRC*, y segun lo que hemos dicho será ángulo de incidencia el *ARE* ó mas bien el *ARD*, y de reflexion el *DRC*. Si el cuerpo choca contra una superficie curva *EH* (*fig.* 57), son ángulos de incidencia y reflexion los formados por las direcciones del cuerpo con la tangente *LP* á la curva en el punto del choque ó con la perpendicular *BD* á esta tangente en el mismo punto, la cual se llama *normal;* será pues, *ABD* ángulo de incidencia y *DBC* ángulo de reflexion, siendo iguales estos si el cuerpo *A* es elástico.

Fig. 56.



Feg. 57.



106. Choque de los cuerpos no elásticos. Cuando dos cuerpos se chocan, son tantas las circunstancias que dan resultados distintos, que no es posible ocuparse de todos; así, diremos muy poco de esta cuestion, que es de escasa importancia para nosotros. Al chocarse los cuerpos hay que considerar dos casos; el uno será cuando los cuerpos no sean elásticos, y el otro cuando lo sean perfectamente. Considerándolos como no elásticos, se demuestra en mecánica que si dos cuerpos que están en movimiento se chocan, la velocidad despues del choque se calculará *dividiendo la suma de las cantidades de movimiento* (28) *por la suma de las masas de los cuerpos;* fórmula que variada convenientemente resolverá los casos particulares. Por ejemplo, suponiendo un cuerpo que marcha en una direccion y otro de igual masa en la misma con mas velocidad, la fórmula se convierte en la masa de uno de los cuerpos multiplicada por la suma de las velocidades y dividida por el duplo de la masa de un cuerpo, que es lo mismo que dividir la suma de las velocidades por 2: lo que nos hace ver que en el choque gana en velocidad el que caminaba mas despacio, y pierde el otro. Si las masas y sus velocidades son iguales y caminan en direccion contraria, se convierte la fórmula en la diferencia de las cantidades de movimiento en lugar de la suma; y como estas cantidades de movimiento son iguales en el

caso presente, su diferencia será cero; luego no hay movimiento, ó lo que es lo mismo, si se chocan dos cuerpos de igual masa y con igual velocidad, que caminan en sentido contrario, quedan en reposo.

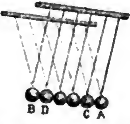
107. Choque de los cuerpos elásticos. En los cuerpos elásticos, el resultado del choque es muy distinto que en los no elásticos. Sabemos que al chocar se desarrolla en ellos una fuerza opuesta á la direccion que lleva el cuerpo cuando choca (94); por tanto esta fuerza se unirá á la que produce el movimiento para acelerarle en unos casos, y será contraria en otros, retardándole. Para que pueda formarse idea de los resultados del choque de estos cuerpos, supongamos (*fig.* 58) dos iguales y perfectamente elásticos *A* y *B*, que se chocan, siendo la velocidad del *A* como 6 y estando el *B* en reposo; en este caso, el resultado será que el *A* quedará en reposo y el *B* se pondrá en movimiento con la velocidad 6 que tenia el otro. En efecto, al chocarse, la fuerza desarrollada será en *A* igual á la que produce la velocidad 6 que es la del choque y en sentido contrario, de modo que estas dos fuerzas opuestas iguales se destruyen, y el cuerpo *A* queda en reposo; pero en *B* se ha desarrollado la misma fuerza 6 al chocar, y como este cuerpo estaba en reposo, la fuerza obrará entera sobre él y le pondrá en movimiento con la velocidad 6. Si el cuerpo *A* tiene una velocidad como 6 y el *B* otra como 10, y marchando el uno hácia el otro se chocan, el resultado será que retroceden, cambiando las velocidades; es decir, el *A* con 10 y el *B* con 6: en efecto, el *A*, que tiene 6, desarrolla 6 en sentido contrario y queda en reposo, pero recibe 10 del otro y esta velocidad es la que sigue: el *B*, que tiene 10, produce 10 en sentido contrario y queda en reposo; pero recibe 6 del otro y se pone en movimiento con esta velocidad. Supongamos ahora cuerpos de diferente masa, que el choque no es central, que los cuerpos son mas ó menos elásticos, que varia la direccion de su movimiento, ó que se reunen todavía otras circunstancias, y tendremos una série de problemas infinita, y en algunos casos, de muy difícil ó imposible resolucion. Para muchos de estos esperimentos se hace uso de un aparato que consiste en dos esferas suspendidas de cordones, las cuales se encuentran colocadas frente á un arco graduado; separando estas esferas mas ó menos de su posicion de reposo y haciéndolas chocar llegarán hasta diferentes divisiones del arco graduado, que marcarán la velocidad por el camino andado.

Fig. 58.



108. Choque de varias esferas. Cuando se suspenden varias esferas iguales (*fig.* 59) de modo que formen una fila y que esten sus centros sobre una misma línea recta, si desviamos la primera *A* de su posicion y la hacemos chocar con las demás, quedarán todas en reposo escepto la última *B*, que saldrá con la velocidad misma que tenia *A* al chocar; en efecto, la esfera *A* encuentra á la *C* y queda en reposo (107), trasmitiéndola su velocidad, pero á su vez tambien esta choca con la siguiente y queda en reposo, repitiéndose lo mismo con todas las demás hasta llegar á la *B*, que como no tiene otra con quien chocar sale con la velocidad que le trasmite *D*, la cual tiene la de la anterior, y prosiguiendo así, tendrá *B* la velocidad de *A*. Si son dos esferas *A* y *C* las que chocan á las demás, saldrán las dos *B* y *D* del otro estremo, por la misma razon; y en general, tantas como choquen en un estremo saldrán en el otro.

Fig. 59.



CAPITULO X.

ATRACCION.

109. Definicion. Existe en todos los cuerpos de la naturaleza la propiedad de atraerse mútuamente, produciendo una fuerza permanente que tiende á unir unos cuerpos con otros, y en ellos las moléculas entre sí. Esta atraccion toma tres nombres diferentes: la que se ejerce entre los cuerpos celestes, que es por tanto entre masas colocadas á grandes distancias unas de otras, se llama *gravitacion;* la atraccion entre la tierra y los cuerpos que la rodean á pequeña distancia, se llama *gravedad*; y finalmente, la fuerza con que las moléculas de los cuerpos se atraen para permanecer unidas, toma el nombre de *cohesion* ó *atraccion molecular*.

110. Leyes de la atraccion. Newton descubrió esta propiedad en la materia, y demostró, valiéndose de las leyes del movimiento de los planetas, descubiertas por Kepler, *que todos los cuerpos de la naturaleza se atraen reciprocamente en razon directa de las masas é inversa del cuadrado de las distancias*. Cavendisch estudió despues la atraccion valiéndose de una ligera barra de madera suspendida por el centro de un alambre delgado de plata, y que sostenia pendientes de sus estremos dos esferas pequeñas de cobre: otras dos esferas grandes de plomo pendientes de varillas podian aproximarse mas ó menos á las esferas pequeñas. Cuando, encontrándose estas en reposo, se aproximaban las de plomo, se veia á la barra que sostenia las primeras desviarse de su posicion, produciendo oscilaciones que probaban que la fuerza de atraccion la habia puesto en movimiento.

111. Gravitacion. Los antiguos consideraban á los planetas en movimiento al rededor de la tierra; y en efecto, esto es lo que nos parece cierto, pues no percibiendo nosotros el movimiento de esta, al fijar nuestra atencion en los cuerpos celestes que rodean el globo en que habitamos, se nos figura verlos mover describiendo curvas en cuyo centro se encuentra la tierra; por esto no es estraño que los antiguos admitieran como cierto el sistema presentado por Ptolomeo, en el que suponia que todos los planetas sin escepcion giraban alrededor de nuestro globo: pero los adelantos de la ciencia hicieron ver despues que este sistema no era admisible, y entonces fue presentado el de Copérnico, en el cual se supone que todos los cuerpos celestes giran alrededor del sol, y que algunos mas pequeños, llamados *satélites,* giran inmediatamente alrededor de otros mayores, por ejemplo la luna, que gira alrededor de la tierra. En efecto, la fuerza de impulso recibida por los planetas les haria caminar indefinidamente en línea recta en virtud de su inercia; pero esta fuerza, unida á la de la atraccion de la materia, que hará dirigir á los cuerpos hácia el de mayor masa (**110**), que es el sol, produce un movimiento curvilíneo en todos los cuerpos celestes (**35**), tomando el nombre de órbita estas curvas recorridas por cada uno. Kepler descubrió las siguientes leyes de movimiento de los planetas. 1.ª Describen curvas planas, siendo los espacios recorridos proporcionales á los tiempos. 2.ª Estas curvas son elipses formadas al rededor del sol, que está situado en uno de sus focos. 3.ª Los cuadrados de los

tiempos de revolucion son proporcionales á los cubos de los ejes mayores de las órbitas. De estas leyes las dos primeras son exactas, pero la última no lo es enteramente en algunos casos; sin embargo, de ellas dedujo Newton las generales de la atraccion (**110**). La exactitud del sistema de Copérnico está demostrada por varios hechos, pero indicaremos una sola prueba. Si es cierto que los cuerpos se atraen en razon de las masas, todos tienen que girar alrededor del sol, que es el mayor de todos los planetas, siendo su volumen **1.395324,4** veces mayor que la tierra; y aun si faltara el sol, no seria la tierra el centro de atraccion, pues existen tres planetas, Júpiter, Saturno y Urano, que son mayores que ella: el sol es pues el centro alrededor del cual giran todos los cuerpos celestes, y tambien él tiene un movimiento de rotacion sobre su eje que le hace dar una vuelta entera en **25** $^1/_2$ dias. El tiempo en que la tierra describe su órbita y vuelve á colocarse con respecto al sol en la misma posicion, es de **365** dias, **5** horas, **48** minutos y **51** $^1/_2$ segundos, que es lo que se llama año solar, y en el cual tiene la tierra diferentes posiciones con respecto al sol, que producen las estaciones del año. Considerado este de **365** dias resulta mas corto que el solar, y por esta causa se añade un dia mas al año último de cada cuatro, y este año de **366** dias se llama bisiesto. La tierra tiene además otro movimiento de rotacion sobre su eje, dando una vuelta entera en **24** horas, por lo que cada punto de ella tiene una posicion distinta con respecto al sol en el intervalo de las **24** horas, y de aqui resultan los dias y las noches. En este movimiento recorre cada punto de nuestro globo **300** leguas por hora, ó sea **5** por minuto, contando las leguas de **20.000** pies. La tierra es de forma esférica, algo achatada por los estremos del eje, cuyos estremos toman el nombre de *polos;* y la forma esférica de la tierra está demostrada de varias maneras, siendo una los viajes alrededor de ella. Su diámetro mayor es de **2291** leguas, y el menor de **2284**; de modo que el achatamiento disminuye su diámetro $^1/_{290}$ próximamente, ó sea **7** leguas: la circunferencia mayor trazada en la superficie de la tierra, ó sea el *ecuador*, tiene estendida en línea recta **7200** leguas, y se supone dividido en **360** partes iguales que se llaman grados, los cuales tienen **20** leguas de estension en línea recta. La superficie total de la tierra es de **16.502.400** leguas cuadradas próximamente, y el volúmen **6.151.644.060** leguas cúbicas. Cerca de las $^3/_4$ partes de la superficie es mar, ó sea la relacion de **110** partes de agua por **37** de tierra, que no se encuentran repartidas por igual en el globo, pues en el hemisferio austral, de **1000** partes son **419** de tierra, y en el boreal, de las **1000** solo **129**: es decir, que hay entre la estension de la superficie de tierra en los dos hemisferios, próximamente, la relacion de **1** en el austral á **3** en el boreal. La distancia de la tierra al sol es de **27** millones de leguas. Una circunferencia trazada sobre la superficie de la tierra, cuyo centro esté en el de esta y pase por los polos, se llama meridiano; y el que pasa por un punto dado, por ejemplo Madrid, es el meridiano del citado punto. Tambien los meridianos se suponen divididos en **360** partes iguales, que se llaman grados. Siendo muchos los meridianos que se pueden trazar, hay uno que se llama primero, que es en las cartas españolas el que pasa por la isla de Hierro, ó por el observatorio de Madrid; en las francesas, el que pasa por el observatorio de París; etc. Se fija la posicion de un punto sobre nuestro globo conociendo su longitud y su latitud. Se llama longitud la distancia, contada

en grados del ecuador entre los puntos en que cortan á este, el primer meridiano y el que pasa por el punto dado; siendo esta longitud al Este ó al Oeste del primer meridiano. Se llama latitud la distancia en grados del meridiano que pasa por el punto dado, contada desde este punto hasta el en que corta al ecuador. Esta latitud será al Norte ó al Sur. Madrid se encuentra situado á los 0°, 1′, 12″ de longitud Oeste; es decir, que desde el punto en que corta al ecuador el meridiano que pasa por el observatorio de Madrid, hasta el en que le corta el que pasa por la plaza Mayor, hay hácia el Oeste 1 minuto y 12 segundos. Su latitud es 40°, 24′, 57″, es decir, que desde el punto en que corta el meridiano que pasa por la plaza Mayor al ecuador, hasta esta plaza, hay la distancia indicada. La luna, satélite de la tierra, hace su revolucion alrededor de esta en 27 dias, 7 horas, 43 minutos y 11 segundos, y de sus diferentes posiciones con respecto á la tierra y al sol resultan sus fases, ó sea el diferente aspecto que presenta vista desde la tierra, pues se percibe desde esta mas ó menos porcion de la parte de luna iluminada por el sol. El diámetro de la luna es de 700 leguas, y su volúmen 49 veces menos que el de la tierra, siendo su distancia á ella de 67.000 leguas. La luna gira alrededor de la tierra, porque encontrándose mucho mas próxima á esta que al sol, como la atraccion es en razon inversa del cuadrado de la distancia, vence esta fuerza á la de atraccion de las masas á pesar de ser mucho mayor la masa del sol, y por tanto es atraida la luna hácia la tierra, combinándose la atraccion con la fuerza de impulso para producir el movimiento curvilíneo de la primera alrededor de nuestro globo: esto mismo sucede en todos los satélites de otros planetas. Los diferentes movimientos de los planetas, de que resultan distintas posiciones de los unos, respecto de los otros, esplican muchos fenómenos, como los eclipses, mareas, y los ya indicados de estaciones, dias y fases de la luna.

112. Gravedad. Establecida la ley de la atraccion en razon directa de las masas (110), es evidente que la tierra ha de atraer á todos los cuerpos hácia su superficie, porque todos, fuera de los celestes, serán de mucho menor masa que ella; siendo esta la razon de que un cuerpo abandonado á sí mismo caiga á la tierra, y tambien la de que todos los cuerpos que están sobre la superficie permanezcan unidos á ella: quitemos á la tierra su fuerza de atraccion, y todos los cuerpos que vemos fijos en sus diferentes puntos se esparcirán en el espacio, y un hombre separado de ella momentáneamente, dando un salto por ejemplo, no volverá á pisar su superficie. Resulta de lo dicho, que todos los cuerpos deben ser *graves*, es decir, deben obedecer á esta ley de atraccion ejercida sobre ellos por la masa mayor del globo; y aunque á primera vista pueda parecer que algunos no son atraidos porque los vemos alejarse de la superficie terrestre en lugar de caer á ella, veremos despues que no se alejan porque no son atraidos, sino porque ceden á fuerzas mayores que la atraccion, ó porque alguna disposicion particular de los aparatos hace elevar los cuerpos por la misma fuerza de atraccion.

113. Peso. Centro de gravedad. La gravedad obra en cada molécula de un cuerpo, produciendo un sistema de fuerzas que tiene en cada uno su resultante y su punto de aplicacion; á esta *resultante del sistema de fuerzas que forma la gravedad obrando sobre las moléculas de un cuerpo se llama* peso, *y el punto de aplicacion* de dicha resultante se llama *centro de gravedad:* segun esto, dos cuerpos de

igual masa tendrán el mismo peso aunque sus volúmenes sean diferentes, pues siendo el mismo el número de moléculas, la resultante de las fuerzas de gravedad será tambien igual.

114. Plomada. Línea vertical. Horizontal. Todos los cuerpos al caer libres siguen la direccion que marca un cordon fijo en uno de sus estremos, y que sostiene en el otro un cuerpo cualquiera; aparato que toma el nombre de *plomada*. La línea marcada por el cordon ó la plomada se llama *vertical*, y una perpendicular á la vertical toma el nombre de horizontal.

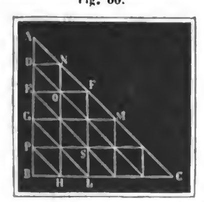
115. Espacio corrido por un cuerpo en el primer momento de su caida. El espacio andado por un cuerpo que cae no es igual en todos los puntos del globo, por causas que despues apreciaremos; y las observaciones han hecho ver que en Madrid recorre un cuerpo en el primer segundo de su caida $17^p,58451$, ó sean $4^m,8996$, y en París $17^p,60150$, ó $4^m,9044$, números que tienen de diferencia entre sí 0,01699 de pie castellano, que son $2^l,44656$, ó $0^m,0048$: es decir, que un cuerpo solicitado por la gravedad recorre en Madrid en el primer segundo de su descenso algo mas de 2 líneas menos que en París.

116. Caida de los cuerpos. Siendo la gravedad una fuerza que obra en todos los momentos del movimiento del cuerpo, este movimiento será uniformemente acelerado (24), y por tanto en cada tiempo irá recorriendo espacios mayores: para examinar cuáles sean estos espacios, ó lo que es lo mismo, para observar la caida de un cuerpo, lo primero que ocurre es dejarle caer libremente, y ver en cada tiempo el camino andado; pero entre otras dificultades que se presentan en la práctica, es la principal la mucha velocidad, ó lo que es lo mismo, el mucho espacio andado por el cuerpo, que hace no pueda observarse sino en tiempo muy corto y con poca exactitud. No siendo posible por tanto emplear este método directo, ha sido necesario buscar otros que, sin variar las leyes de la gravedad, permitan observar el camino andado en cada tiempo. Galileo se valió de un plano inclinado, sobre el que hacia caer el cuerpo. Colocado el *C* (*fig.* 36) (58) sobre el plano *AB*, cae en la direccion *CE:* pero si no existiera el plano caeria solicitado por la gravedad en la direccion *CD;* luego al caer por el plano es la gravedad solamente la que le pone en movimiento. Sabemos además que la fuerza *CE* con que el cuerpo cae es menor que la *CD*, y que puede disminuirse tanto como se quiera, dando diferente inclinacion al plano; y como disminuyendo la fuerza se hace menor la velocidad (28), se podrá hacer que esta sea tan pequeña que permita observar las leyes de la caida del cuerpo, que serán las mismas que si cayera libre. Dividiendo el plano inclinado en partes cualquiera iguales, para ver en cada tiempo el espacio andado por el cuerpo, observó Galileo que si en el primer tiempo andaba 1 espacio, en el segundo tiempo andaba 3 espacios, en el tercero 5, en el cuarto 7, y así sucesivamente; es decir que la primera ley de la caida de los cuerpos es, que *los espacios corridos en cada unidad de tiempo por un cuerpo que cae solicitado por la gravedad, son como los números impares*, 1, 3, 5, 7..... De aquí se deduce otra ley: si en el primer tiempo recorre 1 espacio y en el segundo 3, en los dos será $1+3=4$, que es el número de tiempos multiplicado por sí mismo, $2\times2=4$. Si en los dos primeros tiempos es 4 y en el tercero 5, será en los tres $4+5=9$, que es tambien $3\times3=9$, ó sea el número de tiempos multiplicado por sí mismo; y procediendo de igual manera en

los demás tiempos, encontraremos la misma ley, es decir que ***los espacios corridos por un cuerpo al caer solicitado por la gravedad, son como los cuadrados de los tiempos empleados en correrlos.*** Si despues que el cuerpo ha recorrido un cierto espacio cayendo solicitado por la gravedad, cesa esta de obrar, continuará marchando, en virtud de su inercia, con la velocidad que ha adquirido, y con ella ***recorrerá un espacio doble del que ha recorrido en otro tiempo igual;*** esta es la tercera ley de la caida de los cuerpos, que puede observarse añadiendo al plano inclinado *AB* uno horizontal *RT:* como la accion de la gravedad *C'D'* se encuentra destruida por la resistencia del plano, el cuerpo se moverá solo con la velocidad adquirida, y veremos que recorre en un tiempo igual al que ha caido en el plano inclinado, un espacio doble del que recorrió en este. Resulta de las anteriores leyes, que si un cuerpo abandonado á sí mismo (115) recorre en el primer segundo $4^m,9$, despreciando el resto, en el segundo recorrerá $3\times4,9=14^m,7$, y en el tercero $5\times4^m,9=24^m,5$ segun la primera ley. Si suponemos ahora el tiempo total recorriendo en el primero $4^m,9$, en los dos primeros recorrerá $2\times2\times4^m,9=19^m,6$, y en los tres primeros $3\times3\times4,9=44^m,1$, segun marca la segunda ley; finalmente, la tercera nos hace ver que si en 2 segundos ha recorrido el cuerpo $19^m,6$, y si al fin de este tiempo cesa de obrar la gravedad, recorrerá en otros 2 segundos siguientes $19^m,6\times2=39^m,2$; y si en 3 segundos recorre $44^m,1$, en los tres siguientes recorrerá sin la gravedad $44,1\times2=88^m,2$.

117. Triángulo de Galileo. Las leyes de la caida de los cuerpos pueden representarse por una figura geométrica conocida con el nombre de *Triángulo de Galileo* (*fig.* 60). Supongamos que en una línea *AB* tomamos partes iguales, *AD, DE.....* que nos representen los tiempos iguales del movimiento; tiremos en *B* la perpendicular *BC* y dividámosla en partes iguales *BH HL.....* que representen velocidades adquiridas por el cuerpo; uniendo el punto *A* con el *C*, y tirando por los puntos de division *D, E.... H, L....* paralelas á las tres líneas *AB, BC* y *CA*, tendremos formados una porcion de triángulos iguales, que podrán representarnos espacios corridos por el cuerpo. Suponiendo el primer tiempo representado por *AD*, el espacio andado está representado por *NDA*, y la velocidad adquirida al fin del tiempo, por la línea *ND;* en el segundo tiempo *DE*, el espacio andado le representa *NDEF*, en el que hay comprendidos tres triángulos iguales al *NDA*, y representan por tanto tres espacios corridos en este segundo tiempo, estando representada la velocidad adquirida al fin de él por la línea *FE;* en el tercer tiempo *EG*, el espacio andado le representa *FEGM*, que se compone de cinco triángulos ó sean cinco espacios, y así de los demás. Para la segunda ley tendremos, que si en el primer tiempo *AD* el cuerpo recorre el espacio representado por *AND*, en los dos tiempos *AE* recorre el espacio representado por *AEF*, que se compone de 4 espacios iguales al primero *AND:* en tres tiempos *AG* recorre el espacio *AGM*, que son 9 iguales al *AND*; y así sucesivamente. La tercera ley tambien está representada sencillamente: si al fin del primer tiempo cesa la gravedad, el cuerpo recorrerá con movimiento uniforme y con la velocidad *ND* en otro tiempo *DE* el espacio representado por *NDEO*, que se compone de 2 triángulos ó espacios

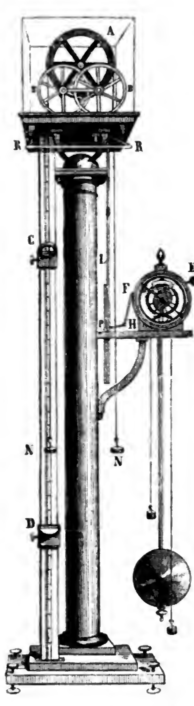
Fig. 60.



iguales al primero *NAD*; si es despues de 2 tiempos cuando cesa la gravedad, estará representada la velocidad adquirida por la línea *FE*, y el espacio andado en otros 2 tiempos *EF* sin la gravedad por *FEPS*, que se compone de 8 triángulos ó espacios, es decir, doble número que el de los comprendidos en el espacio *AEF* que anduvo el cuerpo en los 2 primeros tiempos solicitado por la gravedad.

118. Máquina de Atwood. En el plano inclinado de Galileo está disminuida la fuerza para hacer menor la velocidad; pero tambien hay otro medio de disminuir la velocidad producida por una fuerza, que es aumentar la masa (28). Fundado en este principio hizo Atwood, despues de Galileo, una máquina en la que pueden estudiarse las leyes de la caida de los cuerpos. Se compone (*fig.* 61) de una polea *A* cuyo eje se apoya en otras cuatro poleas *B*, dos por cada lado, con el objeto de disminuir en lo posible el frotamiento; esta polea sostiene un cordon delgado á cuyos estremos están unidos los dos pesos exactamente iguales *N*: acompaña al aparato una regla vertical *CD* dividida en partes cualquiera, pero generalmente en decímetros y centímetros, y además un péndulo que marca segundos. Obrando la gravedad en los dos cuerpos *N* iguales con la misma intensidad, los mantiene en equilibrio (34), de modo que en cualquiera posicion que se les coloque no se mueven; pero si se añade á uno de ellos un nuevo cuerpo, cesa el equilibrio, y la fuerza de la gravedad correspondiente á este cuerpo es la que pone en movimiento á él mismo y á los dos *N*, el primero que baja y el segundo que sube. Segun esto una fuerza, que podrá ser tan pequeña como se quiera haciendo muy chica la masa añadida, pondrá en movimiento masas *N* tan grandes como sea necesario para disminuir la velocidad, hasta el punto que se pueda desear: por ejemplo, sabemos (115) que en Madrid un cuerpo recorre en el primer segundo $4^m,8996$; supongamos que este número sea $4^m,9$: si queremos hacer que no recorra mas que un decímetro en lugar de los 49, es evidente que lo conseguiremos haciendo mover con la fuerza de la gravedad correspondiente á un cuerpo, otro que tenga una masa 49 veces mayor: así, poniendo en *N* cuerpos que pesen 24 unidades, supónganse gramos, y haciendo que el cuerpo añadido sea de 1 gramo, tendremos que la fuerza de gravedad correspondiente á este cuerpo añadido pone en movimiento 24 gramos de cada lado mas 1 aumentado, que son 49; luego si una masa recorre 49 decímetros con la fuerza 1, las 49 masas con la misma fuerza recorrerán 1 decímetro: de aquí se deduce que para hacer correr á un cuerpo un espacio dado en


Fig. 61.



el primer segundo de su caida, *se quita* **1** *al número de veces que este espacio esté contenido en los* **49** *decímetros*, que es el espacio que podremos tomar como recorrido por el cuerpo libre, *del resto se saca la mitad, y el resultado sera el número de unidades de peso que han de ponerse en cada lado, añadiendo despues un cuerpo que pese una de estas unidades*. Si queremos que el cuerpo recorra solo **1** centímetro, tendremos que **49** decímetros son **490** centímetros, y quitando **1** quedan **489**, cuya mitad es **244** $^1/_2$; poniendo en *N* **244** $^1/_2$ unidades de peso, gramos por ejemplo, y además en un lado un cuerpo que pese **1** gramo, tendremos que la fuerza de gravedad que obra sobre este cuerpo de **1** gramo pone en movimiento $244\ ^1/_2 + 244\ ^1/_2 + 1 = 490$, es decir, **490** veces su masa; luego andará **490** veces mas despacio que libre, y por tanto recorrerá **1** centímetro en el primer segundo. Para observar las leyes de la caida de los cuerpos con esta máquina, supongamos que se arreglan las masas de modo que el espacio andado por una sea de **1** decímetro en el primer segundo, y que la regla de la máquina está dividida en decímetros; esta máquina tiene al principio de la escala un soporte *R* para sostener el cuerpo que ha de caer, al que suelta en un momento fijo marcado por el péndulo. El mecanismo mas comun para este objeto es el que se indica en la figura, el cual se compone de una palanca articulada *EFHP*, fija en *F* y movible la articulacion *H*; una pieza *S*, que gira con la aguja que marca el tiempo, va elevando la parte *EF* de la palanca hasta que pasa un diente de *S* y entonces cae de pronto, resultando de su caida que avanza *H* y el estremo *P*, el cual hace que una pieza colocada en este estremo *P* se retire y deje libre un diente de la varilla *L* sujeta en *T* al soporte *R*; en tal caso, como la varilla *L* es la que sostiene este soporte *R* horizontal, y él á su vez sostiene al cuerpo, libre la varilla cae *R* y el cuerpo es abandonado. Pongamos un platillo *D* en la division **1** de la regla; cuando el péndulo haya marcado **1** segundo desde el principio de la caida chocará el cuerpo en el platillo *D*, es decir, que habrá andado **1** decímetro, y que libre hubiera andado **49**: pongamos el platillo en la division **4**; el cuerpo recorrerá esta en **2** segundos justos; pongámosle en la **9** y tardará **3**; esto nos prueba las dos primeras leyes de la caida (**116**). Para demostrar la tercera, colocaremos un anillo *C* (*fig.* **62**) del mismo modo que el platillo *D*, haciendo el cuerpo *M* añadido de una forma bastante prolongada para que no pase por este anillo; coloquémosle en la division **1** y el platillo *D* en la **3**; haciendo caer el cuerpo, le veremos llegar al anillo en **1** segundo, allí quedará, y la masa que le acompaña llegará al platillo en otro segundo mas; luego la masa total andubo con la gravedad **1** decímetro en el primer segundo; quedado el cuerpo en el anillo cesó la gravedad y anduvo el resto de la masa con la velocidad adquirida doble espacio en otro tiempo igual. Pongamos el anillo en la division **4** y el platillo en la **12**; dejando caer el cuerpo llegará al anillo en **2** segundos recorriendo cuatro espacios, y seguirá para llegar en otros **2** segundos al platillo recorriendo en ellos **8** espacios.

Fig. 62.

119. Máquina de Morin. Hace pocos años ha inventado Morin otra máquina, que se compone de un cilindro forrado de papel y colocado verticalmente, el cual puede girar alrededor de su eje; un cuerpo cae dirigido por dos alambres bien tensos, y al caer marca en el cilindro una linea por medio de un lapiz ó pluma

unida á él; haciendo girar el cilindro y dejando caer al mismo tiempo el cuerpo, traza este una curva sobre aquel, que estudiada despues estendiendo el papel resulta la curva llamada parábola, y de ella se deducen las leyes de la caida de los cuerpos.

120. Intensidad de la gravedad. Facilmente se deduce de las leyes espuestas, que la velocidad adquirida por un cuerpo al fin de la caida es doble del espacio andado; así en Madrid la velocidad adquirida al fin del primer segundo será $2 \times 4^{m},8996 = 9,7992$, ó en pies castellanos $2 \times 17,58451 = 35,16902$. Esta cantidad, que se designa en las fórmulas con la letra g, es variable en cada punto, puesto que lo es el camino andado por el cuerpo, y como la gravedad es una fuerza aceleratriz constante, su intensidad estará medida por la velocidad que produce al fin de la primera unidad de tiempo, que es precisamente la cantidad g.

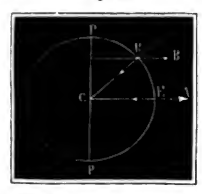
121. Cálculo de la velocidad adquirida. Puede calcularse la velocidad adquirida por un cuerpo despues de recorrer un espacio, ***multiplicando el duplo de la intensidad de la gravedad por la altura de la caida ó espacio andado, y este producto es la velocidad multiplicada por sí misma;*** por ejemplo sea un cuerpo que cae de 40 metros de altura en Madrid: el duplo de la gravedad multiplicado por la altura es $2 \times 9,7992 \times 40 = 784$ próximamente; este número será la velocidad multiplicada por sí misma: y como $28 \times 28 = 784$, resulta que la velocidad adquirida por el cuerpo sería 28 metros, es decir, que con la velocidad que habria adquirido al fin de los 40 metros, andaria 28 en 1 segundo.

122. Causas que modifican la fuerza de la gravedad. Como la atraccion decrece en razon del cuadrado de la distancia (110), resulta que elevándose en la atmósfera debe ser menor la intensidad de la gravedad; por tanto si el cuerpo cayera de una grande altura habria modificacion en el camino andado, pero esta diferencia no será sensible en pequeñas alturas.

123. Variacion de la intensidad de la gravedad. La intensidad de la gravedad varia de un punto á otro y es evidente que debe ser la mayor en el polo y la menor en el ecuador, pues en este último se encuentran los cuerpos mas lejos del centro de la tierra, que es donde hay que suponer el centro de atraccion.

124. Fuerza centrífuga opuesta á la gravedad. El movimiento de rotacion de la tierra produce en el ecuador una fuerza centrífuga mayor que en los demás puntos del globo, pues la velocidad de un punto E (*fig.* 63) del ecuador es mayor que la de otro punto R, puesto que han de hacer una vuelta entera en el mismo tiempo recorriendo circunferencias desiguales; y como en los polos no hay movimiento, será nula dicha fuerza en ellos (36). Además esta fuerza disminuye la de la gravedad en todo su valor ó en menos, segun el punto considerado, porque si suponemos un punto del ecuador E, la fuerza centrífuga AE será enteramente opuesta á la EC de la gravedad, y en otro punto R la misma fuerza BR no es opuesta á la gravedad CR; por tanto la fuerza centrífuga disminuye la de la gravedad, siendo esta disminucion la mayor posible en los puntos del ecuador, y menor aproximándose á los polos, en los cuales su efecto es nulo porque no existe.

Fig. 63.



125. Resistencia del aire. La velocidad de un cuerpo que cae está disminuida tambien por la resistencia que le opone el aire, y esta es la causa de que los cuerpos todos no caigan en el mismo tiempo, lo que á primera vista parece probar que todos los cuerpos no son igualmente graves; pero si dejando caer una bala de plomo y una pluma vemos diferencia en el tiempo que tardan en recorrer el mismo espacio, no por esto hemos de decir que el plomo es mas grave, porque haciendo caer un pliego de papel estendido y el mismo hecho una bola notaremos la misma diferencia de tiempo, y en este caso no podremos decir que hay diferencia de gravedad: hemos de buscar segun esto la causa de la diferencia en la resistencia del medio que tienen que atravesar al caer, pues para dejar paso al cuerpo tienen que separarse y poner una porcion de sus moléculas en movimiento, las que necesitarán para ello fuerza que tomarán del cuerpo, y asi, cuando éste presente una superficie grande, como el pliego de papel antes dicho, tendrá que poner muchas moléculas de aire en movimiento y perderá mas fuerza, disminuyéndose la velocidad de su caida; pero si tiene poca superficie, como el papel hecho una bola, pone menos moléculas en movimiento, y la pérdida de fuerzas es poca, disminuyendo la velocidad en pequeña cantidad. Otra prueba de que la resistencia del aire retarda la caida de los cuerpos, será ver que cuando caen sin encontrar aire, el tiempo empleado por todos para recorrer el mismo espacio es sensiblemente igual; para hacer este esperimento colocaremos los cuerpos en un tubo de vidrio lo mas largo y ancho posible, el cual estará cerrado por un estremo, y tendrá en el otro una llave para poderle cerrar ó abrir á voluntad; dando vuelta al tubo los cuerpos caerán en tiempos muy diferentes si hemos colocado varios de distinta estension y peso, como un pedazo de papel, de pluma, corcho y plomo; pero haciendo el vacío en el tubo los cuerpos caerán en tiempos sensiblemente iguales, lo que nos prueba la influencia de la impenetrabilidad del aire. Sin embargo, no es bastante exacto este esperimento para concluir matemáticamente que todos los cuerpos son igualmente graves; mas adelante veremos el modo de demostrar con toda exactitud esta verdad. Hay un pequeño aparato que puede darnos idea de la influencia del aire en la caida de los cuerpos: este aparato (*fig.* 64), llamado martillo de agua, es un tubo *A* cerrado que contiene una cantidad de agua y nada de aire, y para conseguirlo, despues de introducir el agua y antes de cerrarle, se la hace hervir, y el vapor que forma espulsa el aire; entonces se cierra el tubo, y el aparato está construido: dejando caer el agua de un estremo al otro del tubo, invirtiéndole, produce esta un golpe seco lo mismo que si fuera un sólido el que chocara contra el cristal. Si las gotas de lluvia cayeran sin encontrar resistencia en el aire, producirian violentos golpes en los cuerpos que encontraran á su paso.

Fig. 64.



126. Centro de gravedad. El centro de gravedad de un cuerpo (113) está siempre en el mismo punto, sea cualquiera la posicion que tome dicho cuerpo, puesto que en todas quedan paralelas las fuerzas que actuan sobre las moléculas, y sus resultantes estarán aplicadas en el mismo punto. Cuando el cuerpo se suspende por un cordon unido á cualquiera de sus estremos, el centro de gravedad se ha de encontrar indispensablemente en la prolongacion de la línea que el cordon marca, porque si suponemos que en el cuerpo *A* (*fig.* 65) el centro de gravedad está

en *B*, fuera de la línea *CD* marcada por el cordon *C*, el cuerpo no puede estar en equilibrio, puesto que la accion de la gravedad *BH* y la resistencia del cordon *C* serán dos fuerzas paralelas que tendrán uná resultante en direccion de la cual se moverá el cuerpo, y solo cuando la *BH* y la *OC* sean opuestas en la misma línea tendrán por resultante cero, y el cuerpo estará en equilibrio. Segun esto será facil buscar el centro de gravedad de un cuerpo (*fig.* 66), pues suspendido por un punto *A* y marcando la direccion *AB* del hilo, y suspendido despues por otro punto *C* marcando la nueva direccion *CD*, el punto *D* en que se encuentran las dos líneas trazadas será el centro de gravedad, aunque no exactamente, pues la prolongacion de los hilos de suspension pasará por el interior del cuerpo, en donde estará el verdadero centro, y no en la superficie.

Fig. 65

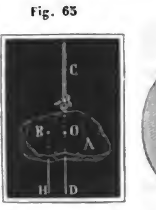
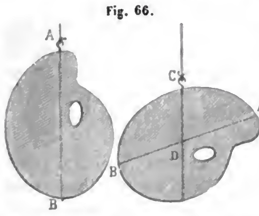
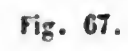


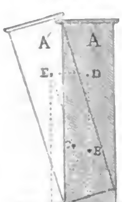
Fig. 66.



127. Posicion del centro de gravedad en varias figuras. En algunos cuerpos es facil deducir cuál será el centro de gravedad, y en otros se puede determinar geométricamente. En un anillo y en una esfera se encuentra en el centro de figura, suponiendo las masas homogéneas; en un triángulo está sobre la línea que une un vértice con el punto medio del lado opuesto, á los $^2/_3$ de esta línea contando desde el vértice de donde parte; en una pirámide y cono á los $^2/_3$ de la línea que une el vértice con el centro de gravedad de la base, contando desde este vértice; y en el prisma y cilindro regulares, en el punto medio del eje.

128. Equilibrio estable ó instable. Si un cuerpo *A* (*fig.* 67) tiene su centro de gravedad en el punto *B* y se le desvia de su posicion para ponerle en la *A'*, pasará el centro *B* á *C*, y abandonado el cuerpo volverá á su primera posicion, pues la gravedad, obrando en la direccion *CG*, le hace caer sobre su base. Pero supongamos el centro en *D*; con el mismo desvío pasará á *E*, y la gravedad, obrando en la direccion *EH*, hará que el cuerpo caiga sobre su cara lateral y no sobre la base: por tanto, en cuanto salga de la base la vertical que pasa por el centro de gravedad el cuerpo caerá variando de posicion, y esto se verificará empleando una fuerza tanto menor cuanto mas lejos esté de la base el dicho centro, puesto que con menos fuerza se hará salir de ella la vertical que pasa por aquel. De aquí resulta que la condicion de mayor estabilidad de un cuerpo en la posicion en que se encuentre será la de tener el centro de gravedad bajo y la base de mucha estension; por esto se dice que un cuerpo está en *equilibrio estable* cuando su centro de gravedad se encuentra lo mas bajo posible, y estará en *equilibrio instable* cuando el centro está lo mas alto que pueda colocarse. Una pirámide sobre su base estará en equilibrio estable y sobre su cúspide en equilibrio instable. Si el cuerpo está sostenido por su centro de gravedad, quedará en


Fig. 67.



todas las posiciones que se le coloque, puesto que siempre el apoyo destruirá la accion de la gravedad; en este caso se dice que el cuerpo está en equilibrio indiferente.

129. Torres inclinadas. Puesto que un cuerpo no variará de posicion mientras la vertical tirada desde su centro de gravedad caiga dentro de la base, podrá tener una grande inclinacion con respecto á esta vertical y ser su equilibrio estable. Ejemplo de esto son muchas torres y edificios que pudieran citarse, y entre ellos las torres de Pisa y Bolonia, que están inclinadas desde hace siglos y no han variado de posicion. En España tenemos tambien la llamada torre nueva en Zaragoza, construida á principios del siglo XVI, enteramente aislada en el centro de una pequeña plaza; toda es de ladrillo, de base octógona, de 45 pies de diámetro, y en el grueso de su muro, de cerca de 15 pies, tiene practicada la escalera; la elevacion total es de 312 pies, y hasta unos 10 pies del suelo está perfectamente vertical, pero desde esta altura empieza á inclinarse hasta una altura de 210 pies, siguiendo despues el resto vertical; la inclinacion de la torre es 9 $^1/_2$ pies, lo que da para la altura total 3 p. $^0/_0$; pero como son 200 pies próximamente la parte inclinada, resulta en ella ser la inclinacion de mas de 4 $^1/_2$ p. $^0/_0$; se cree que su arquitecto Gabriel Gombao la construyó así de intento.

130. Resultados de la posicion del centro de gravedad. Un hombre con los brazos unidos al cuerpo tiene su centro de gravedad en la parte alta del vientre dentro del mismo cuerpo; si está con los pies juntos y se inclina á un lado sale la vertical de la base, que será la superficie de los dos pies, y la que contengan entre ellos, y en este caso tiene que sacar un pie para hacer mayor la base y que por ella pase la vertical; si trata de permanecer sobre un pie, encuentra dificultad por ser la base pequeña; si sube una cuesta se inclina hácia adelante, y si la baja, hácia atrás; si lleva una carga varía su centro de gravedad, porque en tal caso forma una sola masa con la carga, y si esta es grande podrá pasar el centro á ella, por lo que el hombre se inclina hácia adelante si la lleva en la espalda, y hácia atrás si la toma en el pecho. Cuando marcha sobre una cuerda saca uno ú otro brazo para hacer variar la posicion del centro y hacer que la vertical no salga de la base, que será la parte que pisa de cuerda; tambien llevará un balancin, que moverá con el mismo objeto. Todos estos y otros muchos movimientos instintivos en el hombre, prueban la accion que sobre él ejerce la gravedad. Un carro con la carga muy alta lleva elevado el centro de gravedad, y si hay poca distancia entre las ruedas, su base es pequeña; resulta de esta disposicion que si pasa por un camino que le hace inclinar lateralmente, la vertical sale, con poca inclinacion, de la base, y el carruaje vuelca: las diligencias que cargan los equipajes en la parte superior, y á veces formando grande altura, no se encuentran en las mejores condiciones de estabilidad.

Se hacen varios juguetes de física recreativa teniendo en cuenta la influencia del centro de gravedad en la posicion de los cuerpos. Construida una figurilla de un cuerpo ligero y uniéndola en su parte inferior otro pesado, el centro de gravedad del sistema estará en su parte inferior, y si se la coloca echada se pondrá derecha. Si se colocan dos conos *A* (*fig.* 68) unidos por su base en el vértice

H del ángulo formado por dos planos inclinados *B*, la gravedad, obrando sobre el centro, que se encontrará en el de las bases, hará subir á los conos por los planos inclinados, pues la disposicion de las figuras hace que bajando el centro suban los conos. Un efecto semejante se produce en la rueda *A* (*fig.* 69). Si tiene un cuerpo de mucho peso en *B*, el centro de gravedad podrá encontrarse en este mismo cuerpo, y colocada la rueda sobre un plano inclinado en la posicion que marca la figura, no pasa la vertical por el apoyo, y la rueda subirá bajando el centro hasta que, colocado en la parte en que la vertical pase por el apoyo, quedará la rueda sin movimiento. Suelen hacerse unas figuritas que sostienen una especie de balancin encorvado hácia la parte inferior, y cargado en sus estremos con dos esferillas de plomo; en esta disposicion el centro de gravedad está fuera de la figura y mas bajo que ella, y apoyándola en uno de sus pies se sostiene derecha, pues la gravedad se destruye en el apoyo. Otro juguete fundado en el cambio de posicion del centro de gravedad es el que representa la *fig.* 70. Dos figuritas *B* y *C* están unidas por los tubos *A* y *D*, que tienen dentro un poco de mercurio; colocadas en la escalera *L*, el mercurio baja á *C* y eleva la figura *B*, la cual con la velocidad adquirida, y á causa de la tension de dos cordoncitos dispuestos al efecto entre los brazos de una y otra figura, da una vuelta y pasa por encima de la otra haciendo que el centro de gravedad de todo el aparato se coloque delante de la figura *C*, en cuyo caso la *B* cae al escalon de mas abajo; pero entonces el mercurio pasa de *C* al estremo *A* que será el mas bajo, y se repite con la figura *C* lo que hemos dicho de la *B*, de modo que las dos van bajando por la escalera.

Fig. 68.

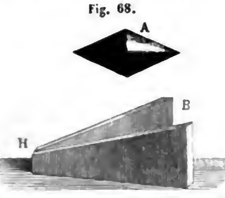


Fig. 69.

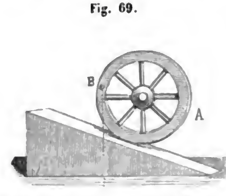
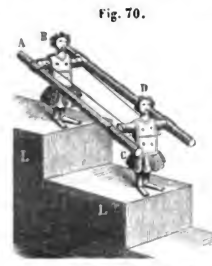


Fig. 70.



131. Peso de los cuerpos (113). Tratemos de resolver el problema de averiguar ó medir el peso de los cuerpos; lo primero en tal caso, como en todos los en que se trata de medir, será tomar una unidad, es decir, un tipo con que comparar, y este tipo será arbitrario, pues lo que se ha llamado una libra, por ejemplo, es evidente que se fijó á capricho; pero ya elegida la unidad, el problema de averiguar el peso del cuerpo estará reducido á conocer cuántas veces mayor ó menor es el peso del cuerpo que el de la unidad. Veamos cuáles son los aparatos que se emplean con este objeto.

132. Balanza. El aparato mas usado para conocer el peso de un cuerpo es el tan conocido con el nombre de *Balanza* (*fig.* 71). Se compone de una palanca *A B* de brazos iguales llamada *la cruz*, apoyada por un punto *C* en un pie *TC* ó entre dos soportes cuando el aparato haya de colgarse; la cruz sostiene en sus es-

tremos dos platillos *D* y *E*, en los que se coloca el cuerpo y las pesas ó unidades de comparacion; en un punto de la vertical que pasa por el apoyo lleva unida la palanca una aguja *S*, perpendicular á ella, cuya aguja recibe el nombre de *fiel* de la balanza, y en el pie de esta se encuentra marcado un punto de la vertical que pasa por el apoyo, y se llama *punto de fe*, el cual está señalado en un pequeño arco *T*, á donde llega el estremo del fiel, señalándose tambien en este arco á los dos lados del dicho punto algunas partes iguales entre sí. Como la palanca es de primer género, de brazos iguales, la potencia deberá ser tambien igual á la resistencia (45), y por tanto, si ponemos un cuerpo cuyo peso sea 2 libras en uno de los platillos, habrá que poner otro cuerpo que pese tambien 2 libras en el segundo platillo, para que la balanza esté en equilibrio. Examinemos las circunstancias de una buena balanza. La primera debe ser que por sí sola esté en perfecto equilibrio y su palanca *AB* horizontal, pues de otro modo necesitaremos añadir un peso al platillo mas elevado para establecer el equilibrio, y este peso producirá un error en el verdadero del cuerpo. Es necesario además que los dos brazos de la palanca sean perfectamente iguales, pues si no lo son no podrá apreciarse con exactitud el peso de un cuerpo, porque será menor el que esté colocado en el platillo de mayor brazo. Esta condicion es bastante dificil de llenar, y además las influencias esteriores pueden hacer variar la longitud de los brazos, así es que se han ideado algunos medios para tener los brazos de la balanza iguales; uno de estos medios consiste en colocar en el estremo de un brazo, el muelle de acero *H* (*fig.* 72), en el cual se suspende el platillo, y este muelle tiene un tornillo *L* que aproxima ó aleja el punto de suspension del punto de apoyo de la balanza: otras veces se pone el punto de apoyo en una pieza *S* colocada dentro de una caja formada en medio de los brazos, y esta pieza puede moverse á un lado ó al otro por los tornillos *E*, apretando el uno y aflojando el opuesto. A pesar de todo, si los platillos no están suspendidos sobre las aristas de unas piezas de acero que formen ángulo agudo, podrá variar el punto donde apoyen al oscilar la balanza, y variar tambien por esta causa la longitud de los brazos. Otra condicion esencial de la balanza es que el centro de gravedad de toda su parte movil se encuentre mas bajo que el punto de apoyo; supongamos (*fig.* 73) que en la palanca *B D* se encuentre el punto de apoyo en *C* y el centro de gravedad en *O*, mas arriba que *C*; si la balanza se inclina tomando la posicion *B′ D′*, el centro de gravedad pa-

Fig. 71.

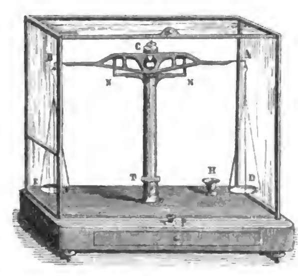
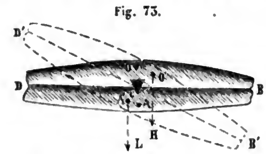


Fig. 72.



Fig. 73.



será al punto *O'*, y como la vertical *O'H* sale del apoyo, la balanza caerá y no volverá á la posicion horizontal; si se la inclina al lado opuesto se quedará tambien, y por tanto no será posible pesar en ella: una balanza semejante se llama *loca*. Si el centro de gravedad está en el mismo punto *C* de apoyo en todas las posiciones que pueda tomar la balanza, estará destruida la gravedad por el apoyo, y será el equilibrio indiferente, por cuya razon se quedará la balanza en todas las posiciones que se la coloque, y no será facil pesar con ella, porque si bien es cierto que estará en posicion horizontal solo con pesos iguales, podrá estar inclinada lo mismo con pesos iguales que con desiguales, y sería muy dificil por tanto hacer una buena pesada en semejantes balanzas. Si el centro de gravedad está mas bajo que el apoyo, por ejemplo en *A*, cuando la balanza tome la posicion *B' D'* el centro *A* pasará á *A'*, y en tal caso la accion de la gravedad y la resistencia del apoyo son dos fuerzas paralelas en direccion opuesta, que tendrán una resultante que pondrá en movimiento la balanza hasta que el punto *A'* vuelva á su primera posicion *A*, y la accion de la gravedad se destruya con el apoyo; cuando esto suceda la balanza estará horizontal, y se quedará en esta posicion en el caso de que el peso y contrapeso colocados en los platillos sean iguales; luego con una balanza semejante se podrá pesar exactamente. Todas las condiciones que hemos examinado son necesarias para que una balanza sea buena, pero hay todavia otras para que sea sensible, esto es, para que se ponga en movimiento con muy pequeña diferencia de peso en los platillos: una de estas condiciones será la perfecta construccion del apoyo, para que tenga el menor rozamiento posible. Generalmente este apoyo está formado por una cuchilla unida á la cruz, y que es de acero bien templado, pero no de un filo demasiado agudo porque se mellaria con el peso que sostiene; esta cuchilla se coloca sobre dos soportes de ágata ú otro cuerpo duro en que no pueda hacer huella, y además se pone unida al pie de la balanza una pieza *N* (*fig*. 71), que sirve para sostener la cruz, de modo que no insista en la cuchilla sino cuando es necesario pesar, en cuyo caso se eleva con el soporte por un medio cualquiera, que generalmente es unir este á una barra dentada que engrana en un piñon, al que se da movimiento por el boton *P*. Otra condicion de sensibilidad será que tenga los brazos largos, pues así, una pequeña diferencia de peso en los cuerpos colocados en los platillos, multiplicada por un brazo de palanca de bastante longitud, será cantidad apreciable. Tambien el fiel debe ser largo, porque al inclinarse la balanza describe este un arco de círculo con su estremo *S*, y este arco será tanto mas estenso cuanto mas largo sea el fiel que es su radio, de modo que será apreciable una pequeña variacion en la balanza si el radio, ó sea el fiel, es de bastante longitud. Finalmente, el centro de gravedad debe estar lo mas próximo posible al punto de apoyo, pues para mover la balanza hay que vencer la resistencia de la gravedad en *A* (*fig*. 73), multiplicada por su brazo de palanca, que es la distancia *CA*; de modo que disminuyendo este brazo, la resistencia será menor, y la vencerá una pequeña diferencia de peso en los platillos. Las balanzas muy sensibles, cuando se ponen en movimiento, oscilan mucho tiempo, y por esto se tarda bastante en hacer una pesada exacta; para abreviar algo la operacion se coloca el arco dividido *T* (*fig*. 71); cuando el fiel al oscilar pasa tantas divisiones de un lado como del otro contadas desde el punto de fe, puede suponerse que al quedar en reposo marcará este punto, y el peso estará hecho exactamente; pero si pasa mas divisiones de un lado que de otro, debe supo-

nerse que parará en el punto medio del arco recorrido, que no será el de fe, y que el peso será menor en el lado de la mayor oscilacion, en tal caso antes de quedar en reposo la balanza podrá corregirse, pero esto no evitará el aguardar al fin á que no se mueva para tener seguridad de que la pesada es exacta. Construida una balanza con todas estas condiciones deberá conservarse cuidadosamente, encerrándola en un fanal ó caja de cristales, dentro del cual se coloca un pequeño recipiente *H* que contenga un cuerpo que pueda absorber la humedad del aire, como cal viva ó cloruro de calcio, para evitar que esta humedad ó el contacto de algun gas la oxide, lográndose tambien con la caja que al tiempo de pesar, el aire esterior en movimiento no haga oscilar á la balanza. Debe ponerse el pie de ella vertical cuando se va á pesar, para que el fiel marque el punto de fe estando la cruz bien horizontal: se consigue esto haciendo que el tablero donde está fijo el pie se encuentre tambien horizontal, y para ello se pone encima un nivel, y se van acortando ó alargando convenientemente los pies del mismo tablero, que son de tornillo.

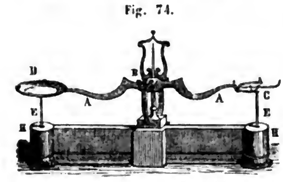
133. Carga de una balanza. Una balanza no debe cargarse mas que hasta cierto límite segun su clase, porque de lo contrario el apoyo se estropea y los brazos pueden doblarse.

134. Prueba de una balanza. Para probar si una balanza es buena, se coloca cualquier cuerpo en uno de los platillos y se le hace equilibrio con otro tambien cualquiera; despues se cambian de platillo estos cuerpos, y es evidente que si su peso no es igual, lo que sucederá si la balanza tiene los brazos desiguales, al hacer este cambio, el cuerpo que correspondia al brazo menor, que será el de mayor peso, se encuentra ahora en el platillo del brazo mayor, y por tanto la balanza no estará en equilibrio. Si esta tiene algun medio de variar la longitud de sus brazos (132) podrán hacerse iguales, y se conocerá que lo son cuando al cambiar los cuerpos de platillo permanece en equilibrio.

135. Método de dobles pesadas. Si una balanza tuviera sus brazos desiguales y no se pudieran variar, sería posible sin embargo hacer pesadas exactas empleando el método llamado de Bordá, ó de las *dobles pesadas:* pongamos el cuerpo que se trata de pesar en uno de los platillos, y un contrapeso cualquiera en el otro platillo; quitemos en seguida el cuerpo y pongamos en lugar de él pesas conocidas; estas pesas serán el verdadero peso del cuerpo, pues como no varian ni los brazos ni el contrapeso, la balanza solo podrá estar en equilibrio con una misma cantidad de peso, sea del cuerpo ó sea de las pesas colocadas despues.

136. Balanza con platillos encima de la cruz. La balanza puede disponerse tambien colocando la palanca debajo de los platillos (*fig.* 74). La cruz *A* sostenida en *B*, tiene en sus estremos unos soportes *C* donde se colocan los platillos, como se ve en *D*, y para evitar movimientos laterales tiene tambien en los estremos las varillas *E*, que entran en dos cajas del pie *H;* esta clase de balanzas es cómoda para poner sobre los mostradores, y por eso es comun en el comercio.

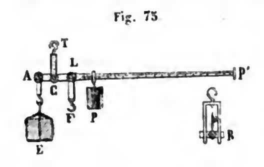
Fig. 74.



137. Romana. Otro aparato muy usado para medir el peso de los cuerpos

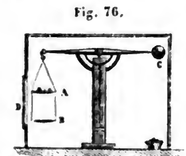
es la *Romana*. Este aparato es, como la balanza, una palanca de primer género, pero en la balanza varía el peso y el contrapeso permaneciendo iguales los brazos, y en la romana lo que varía es el peso y el brazo del contrapeso, permaneciendo invariable este contrapeso y el brazo del peso. Se compone la romana (*fig.* 75) de una barra *AP′*, que lleva en su estremo *A* un gancho ó platillo suspendido en una cuchilla unida á la barra, siendo en este gancho donde se coloca el cuerpo *E* que se ha de pesar: en un punto *C* próximo al estremo *A* tiene otro gancho que sostiene la barra por medio de otra cuchilla que se marca en *R*, donde se ve de frente esta parte del aparato; y en el mismo punto se halla unida á la misma barra una aguja *S*, que es el fiel: sigue despues un anillo que sostiene el contrapeso ó pilon *P*, que puede moverse á lo largo de la barra. Colocado un cuerpo en *E* y suspendida la romana por *T*, se hace mover el pilon, que marcará el peso por la longitud de su brazo de palanca: pero es necesario para esto que se encuentre el brazo dividido en partes que den á conocer este peso. Para dividirle se empieza por suspender en *E* un peso conocido, por ejemplo una libra, se pone la palanca en equilibrio con el pilon, y el punto donde quede su anillo se marca haciendo una incision en el canto de la barra; se pone despues otro peso mayor, 2 libras por ejemplo, y se hace otra incision; la distancia entre las dos señales se va marcando despues con un compás á lo largo de la barra, y cada division indicará otra libra mas; estas divisiones se subdividen despues en mitad, cuarto ó mas, segun su estension, y marcarán fracciones de la unidad tomada, ó de la libra en el caso propuesto. Segun lo dicho, el peso que puede hacerse con la romana está limitado, por una parte con el peso que primero se colocó para señalar la primera division, que es con la que se dice vulgarmente *que entra* la romana, y por otra parte está tambien limitado por la longitud de la barra; puede sin embargo servir la misma romana para apreciar pesos mayores y menores variando los pilones, ó empleando el método generalmente adoptado, que consiste en colocar otro gancho *F* opuesto al primero, y volver la romana, haciendo en este lado otra division distinta: si el nuevo punto *L*, que es el de apoyo, está mas lejos del estremo *A* que el *C*, el brazo de palanca del peso es mayor, y por tanto servirá la escala para pesos menores, y si está mas cerca para mayores.

Fig. 75



138. Balanzas de dobles pesadas. Una balanza que puede emplearse para pesadas de mucha precision, y que reune varias condiciones ventajosas, es la representada en la *figura* 76. Supongamos una balanza que tiene un doble platillo *AB* en uno de sus estremos y en el otro un contrapeso *C* invariable, el cual hace equilibrio no solo á los platillos, sino á una porcion de pesas colocadas en *A*: para pesar con esta balanza, que deberá estar dentro de una caja de cristal (132), se abre la puertecilla *D* y se coloca el cuerpo en *B*, quitando pesas de *A*, y es evidente que las pesas quitadas son el peso exacto del cuerpo. Este aparato tiene la ventaja de dar el peso por dobles pesadas (135); de no poder pasar del límite de peso que la balanza pueda resistir

Fig. 76.



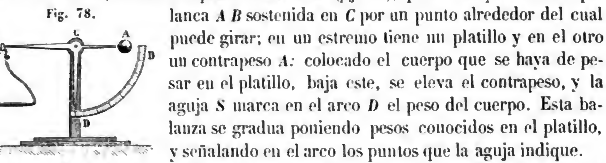
sin inconveniente (133), y de no tener que abrir la caja mas que por un lado.

139. Balanza de resorte. Suele construirse tambien un aparato para medir el peso de los cuerpos (*fig.* 77), que consiste en un tubo *A* que tiene en su interior un resorte de bastante fuerza, el cual está sujeto por su estremo superior á una barra *B* que sale del tubo por el otro estremo y termina en un gancho; el tubo en la parte opuesta lleva otro gancho para suspenderle: si se coloca un cuerpo en *B*, su peso hará salir á la barra forzando el resorte; y si en esta barra se ha señalado antes la cantidad que debe salir para diferentes pesos conocidos, con los que se habrá cargado, se podrá facilmente conocer el peso de un cuerpo. Estas balanzas son cómodas pero poco exactas, pues la elasticidad de los resortes varia con el uso (100).

Fig. 77.

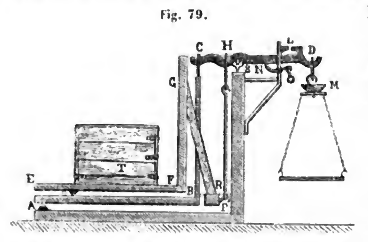
140. Peson. Cuando hay que hacer muchas pesadas que no requieren grande exactitud, se suele emplear una balanza (*fig.* 78), que se compone de una palanca *A B* sostenida en *C* por un punto alrededor del cual puede girar; en un estremo tiene un platillo y en el otro un contrapeso *A*: colocado el cuerpo que se haya de pesar en el platillo, baja este, se eleva el contrapeso, y la aguja *S* marca en el arco *D* el peso del cuerpo. Esta balanza se gradua poniendo pesos conocidos en el platillo, y señalando en el arco los puntos que la aguja indique.

Fig. 78.



141. Balanza de báscula. Para grandes pesos se emplea la balanza llamada de báscula, debida á Quintenz (*fig.* 79). Se compone de un tablero *AB* apoyado en el punto *A*, y sostenido por un tirante *BC* al estremo de la palanca *CD*, cuyo punto de apoyo está en *S*; encima de este tablero hay otro *EF* sostenido en *O* y unido á la tabla *FG*, la cual por medio del liston *GR* descansa en una pieza *P*, y esta con un gancho se sujeta al tirante *PH*, que apoya en el punto *H* de la palanca *CD*. Supongamos que la distancia del apoyo *A* al *O* sea la 6.ª parte de la que hay entre *A* y *B*, y que la distancia de *S* á *H* sea la misma fraccion 6.ª parte de la distancia *SC*; colocando un cuerpo *T* sobre el tablero *EF*, una parte de su peso obrará sobre el punto *R* y pasará por el tirante *PH* al punto *H* de la palanca *CD*; el resto del peso *T* obra sobre el punto *O*, pero como el brazo de palanca *OA* es la 6.ª parte del *AB*, la presion producida en *B* será la 6.ª parte de la producida en *O*, y esta presion pasa al punto *C* de la palanca *CD*: si la fuerza en *B* se hiciera 6 veces mayor y el brazo *CS* 6 veces menor, el efecto seria el mismo que el producido ahora; pero la fuerza en *B* hecha 6 veces mayor es precisamente la que actua sobre *O*, y el brazo *CS* 6 veces menor es *SH*, luego el efecto producido por la parte del peso *T* que obra sobre el punto *O* es el mismo que el producido por la parte del peso *T* que obra sobre *H*,

Fig. 79.



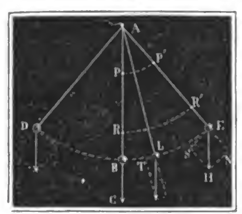
de donde resulta que el efecto total es el mismo que si todo el peso *T* obrara sobre el punto *H* de la palanca *CD*. Es evidente que la fraccion 6.ª parte que hemos supuesto *AO* de *AB* y *HS* de *CS* puede ser cualquiera, pero siempre una misma en los tableros y brazos de la palanca. Si suponemos que sea la 10.ª parte *SH* de *SD*, se hará en la balanza equilibrio á un peso *T* con otro 10 veces menor, y si se hace mas largo todavía *SD* que 10 veces *SH*, se podrá hacer equilibrio con un peso tan pequeño como se quiera al peso *T*; así es que se pueden hacer grandes pesadas con pesas muy pequeñas y fáciles de manejar. Las dos piezas *L*, una fija y otra unida á la palanca, forman el fiel que indica cuándo esta se encuentra horizontal; y la pieza *N* sirve para sujetar la palanca cuando no se está pesando. Si la palanca no está horizontal cuando el aparato se halla sin carga, esto es, si el fiel no marca el equilibrio, se ponen pesos en el platillo *M* hasta que le marque, y no se cuentan despues como peso del cuerpo. En lugar del platillo se prolonga la palanca *SD* y se pone un pilon móvil como en la romana, señalando las marcas de los pesos lo mismo que se ha dicho en este aparato (137); así se evita el colocar pesas distintas, y es mas pronta la pesada. El tablero *EF* suele en muchos casos formar parte del pavimento de un sitio cualquiera, y la palanca donde se marca el peso está colocada en una habitacion contígua; de este modo con la mayor facilidad se pesan grandes masas, como carros cargados de efectos cualesquiera en fábricas, construcciones, aduanas, ó en otros casos semejantes.

142. Division de una capacidad en partes. Muchas veces es necesario dividir la capacidad de un recipiente cualquiera en partes de su volumen total; por ejemplo, en el piezómetro (*fig.* 53) hemos dicho (91) que el tubo *O* ha de estar dividido en partes que representen una fraccion conocida de la capacidad total del recipiente *E*. Para hacer esta division se llena todo el recipiente de mercurio y se pesa; en seguida se saca un poco del mercurio y se vuelve á pesar; la diferencia es lo que pesa el mercurio que se ha sacado, que será una fraccion del peso de todo el mercurio contenido en el vaso, y la diferencia entre el volumen del vaso y el que ocupa el mercurio que ha quedado, será la misma fraccion de su volumen total. Supongamos que el recipiente *E* lleno de mercurio pesa 240 gramos, ó sea 240000 miligramos, y que despues de sacar un poco de mercurio pesa 239980; la diferencia de peso es 240000—239980=20 milígramos: es necesario averiguar ahora cuántas veces este peso está contenido en el del mercurio que llena el vaso, y para ello le sacaremos, y pesado solo supongamos que su peso es 200000 miligramos; dividiendo esta cantidad por los 20 miligramos de la diferencia, tendremos 200000 dividido por 20=10000; luego la porcion del tubo *O* que ha quedado vacía es la diezmilésima parte del volúmen total, y si esta porcion se divide en 100 partes, cada una será la millonésima del mismo volumen total. Es necesario para que la division sea exacta, que el mercurio no varie en su estado de calor durante la operacion; y para poder seguir la escala sin nuevas pesadas, que el tubo *O* sea de un diámetro igual en toda su estension: sin embargo, esto último puede suplirse, como veremos mas adelante.

143. Péndulo. Se llama *péndulo* al aparato que forma un hilo *AB* (*fig.* 80) fijo por uno de sus estremos *A*, y que está unido á un cuerpo *B* por el otro estremo. Si este aparato se encuentra en reposo, será una *plomada* (114); pero si se le desvia de la posicion vertical haciéndole tomar la *AE* y se le abandona á sí mismo se

pone en movimiento describiendo un arco de círculo, y despues de pasar de la posicion vertical llega á la *DA*, desde donde vuelve á la *EA* recorriendo el espacio *DE*, y haciendo lo que se llama una ***oscilacion***, continuando despues lo mismo. En los péndulos que se encuentran apoyados en una línea, toma esta el nombre de ***eje de suspension***. El péndulo se divide en ***simple*** y ***compuesto;*** el péndulo simple es ideal, pues sería formado de un hilo sin peso que estuviera sujeto en un punto donde no hubiera ningun rozamiento, y que el cuerpo que sostiene fuera una molécula pesada; siendo además condicion de él que se moviera en el vacío. El péndulo compuesto es el que podemos formar con un hilo ó varilla que tenga en su estremo un cuerpo; pero este péndulo deberá hacerse de modo que se aproxime lo mas posible al simple, y en las observaciones que con él se hagan será necesario introducir las correcciones necesarias para convertirle en aquel. Examinemos el movimiento del péndulo. Supongamos el cuerpo colocado en *E;* obrando la gravedad en la direccion *EH*, es evidente que el cuerpo no puede estar en reposo, puesto que esta fuerza no tiene otra opuesta que la destruya: pero el cuerpo se mueve describiendo el arco *EB;* luego la fuerza *EH* tiene que descomponerse en una *ES* tangente al arco recorrido, la cual le hace moverse, y otra que debe destruirse para que obre solo la *ES*, no pudiendo ser sino *EN* que se destruye contra la resistencia del hilo (33): á medida que el cuerpo se acerca á *B* disminuye la fuerza *ES*, que le hace mover como se ve en la posicion *AL*, donde la fuerza *ES* está reducida á *LT*, y llegando á *B* esta fuerza es cero, pues la *EN* se ha hecho igual á la gravedad, y se encuentra destruida por la resistencia del hilo; pero cuando el cuerpo ha llegado á este punto sigue marchando en virtud de la inercia con la velocidad adquirida, y llega teóricamente á un punto *D*, que dista de *B* lo mismo que *E;* cuando se encuentra en este nuevo punto *D* ha perdido ya toda su velocidad, se para por tanto, y obrando la gravedad sobre él, se repite lo mismo que acabamos de decir, y marcha otra vez hasta *E*. De esto se deduce que un péndulo debe oscilar indefinidamente recorriendo un espacio igual en cada oscilacion, y así es teóricamente; pero en la práctica hay que tener en cuenta el rozamiento del punto de suspension, que es una fuerza que tiende á destruir el movimiento, y la resistencia del aire, que tambien produce el mismo efecto, y por estas causas un péndulo hace sus oscilaciones de menor estension ó ***amplitud*** cada vez, hasta que se queda en reposo. En el péndulo compuesto, las moléculas del hilo ó varilla, lo mismo que las del cuerpo suspendido, no marchan con igual velocidad, pues las que están mas próximas al punto ó línea de suspension tienen que recorrer un espacio menor que las que están mas lejos; por ejemplo, en el mismo tiempo que una molécula en *P* recorre el arco *PP'*, una en *R* tiene que recorrer el arco *RR';* pero como todas estas moléculas están íntimamente unidas, el movimiento estará en unas retardado y en otras acelerado por la influencia de las demás, y por lo tanto habrá una porcion de estas moléculas que se moverán con la misma velocidad que si las demás no ejercieran influencia sobre ellas, las cuales estarán á una distancia igual del punto fijo *A*, y formarán lo que se lla-

Fig. 80.



ma el *eje de oscilacion*. Segun lo dicho, habrá que considerar el péndulo con una longitud igual á la distancia desde el punto ó eje de suspension hasta el eje de oscilacion, y le tendremos reducido á uno simple con respecto al tiempo y amplitud de la oscilacion; queda por tanto fijado que *la longitud de un péndulo es la distancia desde el punto ó eje de suspension hasta el eje de oscilacion;* este eje de oscilacion puede encontrarse por el cálculo, pero hay un medio de buscarle esperimentalmente, fundándose en una propiedad que se demuestra en el péndulo, y es que *si se suspende por el eje de oscilacion, hace de igual amplitud y en el mismo tiempo las oscilaciones que si estuviera suspendido por el eje de suspension;* es decir, que estos ejes tienen propiedades recíprocas: por tanto, si se suspende el péndulo por medio de un eje móvil, cuando se haya logrado colocar este eje de modo que las oscilaciones se hagan de igual amplitud y en el mismo tiempo que cuando insistia sobre el eje de suspension, tendremos determinado el eje de oscilacion. El péndulo de Kater está dispuesto para este objeto; su varilla es una plancha metálica á la que se adapta un cuerpo pesado; tiene apoyos móviles en los dos estremos para poderle hacer oscilar sobre cada uno y buscar facilmente el eje de oscilacion. Si se construye un péndulo con un alambre muy delgado y un cuerpo esférico de mucho peso en su estremo, como platino ú oro, se podrá suponer sin mucho error que el eje de oscilacion coincide con el centro de la esfera, y en tal caso la longitud se medirá desde este centro hasta el punto de suspension.

144. Fórmula y leyes del péndulo. En mecánica se demuestra que en un péndulo, *el tiempo de la oscilacion es igual al número* 3,14159 que da la geometría como valor del cociente de una circunferencia dividida por su diámetro, multiplicado este número *por la raiz cuadrada del cociente que resulta de dividir la longitud del péndulo por la intensidad de la gravedad* (120). Del estudio del péndulo resultan igualmente las siguientes leyes: 1.ª *En dos péndulos que hacen sus oscilaciones en el mismo tiempo, sus longitudes están en razon de las intensidades de la gravedad.* 2.ª *En dos péndulos de longitudes iguales, las intensidades de la gravedad están en razon inversa de los cuadrados de los tiempos.* 3.ª *En dos péndulos en que la gravedad es la misma, las longitudes están en razon de los cuadrados de los tiempos.* 4.ª *La relacion entre los tiempos y longitudes en péndulos en que la gravedad es la misma, no varia, sea cualquiera el cuerpo de que estos péndulos estén formados.* 5.ª *En un mismo péndulo, las diferentes oscilaciones de poca amplitud se hacen sensiblemente en el mismo tiempo.* Las tres primeras leyes se deducen facilmente del valor que hemos dado antes para el tiempo. La cuarta se deduce tambien de este mismo valor, puesto que en él no entra de ningun modo la naturaleza del cuerpo; además se puede ver esperimentalmente haciendo oscilar péndulos de igual longitud en el mismo punto para que la gravedad sea igual, pero formados de diferentes cuerpos; en estos péndulos se verá que el tiempo empleado para igual amplitud de oscilaciones es exactamente el mismo. La quinta ley puede observarse haciendo oscilar un péndulo de manera que la oscilacion sea de poca amplitud, y se verá que el tiempo es el mismo aunque esta amplitud disminuya. Las oscilaciones hechas en tiempos iguales se llaman *isócronas*. En las observaciones del péndulo hay que hacer varias correcciones por la influencia del calor, de la resistencia del aire, del tiempo de la oscilacion y masas de montañas que puedan estar inmediatas y atraerle.

pero es necesario para hacer estas correcciones otros conocimientos que los que hasta aquí tenemos.

145. Aplicaciones del péndulo. 1.ª *Demostrar que la gravedad es menor cuanto mayor es la distancia al centro de la tierra.* Observando la longitud del péndulo que hace su oscilacion en 1 segundo á diferentes alturas sobre el nivel del mar, se encuentra que va disminuyendo á medida que la elevacion es mayor. En efecto, se ha encontrado que siendo la longitud 1 al nivel del mar, es 0,9992 á 2857 metros sobre él, y 0,9988 á 4744 metros. Poniendo estos valores en el que hemos dado del tiempo (144) en lugar de la longitud, y 1 segundo para este tiempo, se puede sacar la intensidad de la gravedad á las diferentes alturas, y resultará menor cuanto mayor sea la elevacion. Tambien puede sacarse de la primera ley.

2.ª *Diferente intensidad de la gravedad del ecuador á los polos. Forma de la tierra.* Observando la longitud del péndulo que hace su oscilacion en 1 segundo en diferentes puntos del globo, se encuentra que va aumentando á medida que estos puntos están mas próximos al polo; en efecto, las observaciones hechas han dado que la longitud del péndulo que oscila en 1 segundo es:

En el ecuador...............	0m,990925
En Madrid..................	0 ,992881 ó 3p,56337 segun Ciscar.
En París....................	0 ,993846
A 10 grados del polo.........	0 ,995924

Calculando la gravedad como en el caso anterior (aplicacion 1.ª), se encontrará mayor cuanto menor sea la distancia al polo. De aquí resulta que si la gravedad es mayor en el polo que en el ecuador, los puntos de este deben estar mas lejos del centro de la tierra (aplicacion 1.ª) que los de aquel, ó lo que es lo mismo, que la tierra es achatada por los polos (111); pudiéndose determinar cuánto es el achatamiento por el aumento de la gravedad.

3.ª *Todos los cuerpos son igualmente graves.* Si se calcula en un mismo punto la intensidad de la gravedad con péndulos formados de diferentes cuerpos, no se encontrará diferencia; luego la gravedad obra con igual intensidad sobre todos los cuerpos. De aquí resulta la 4.ª ley (144).

4.ª *Determinar el camino andado por un cuerpo en el primer momento de su caida.* Sabemos que el camino andado es la mitad de la intensidad de la gravedad en el mismo punto (120); luego calculada con el péndulo esta intensidad (aplicacion 1.ª) y tomando la mitad, está el problema resuelto.

5.ª *Determinacion de la latitud de un punto.* Sabiendo cuál debe ser la longitud del péndulo á las diferentes distancias del polo, buscando esta longitud en un punto dado, se sabrá cuál es la distancia de este punto al polo.

6.ª *Demostracion del movimiento de la tierra.* Hace poco tiempo que Foucaud ha hecho visible el movimiento de rotacion de la tierra valiéndose del péndulo; se ha fundado para ello en la propiedad descubierta en este aparato, de que todas sus oscilaciones se forman en el mismo plano: segun esto, si los cuerpos inmediatos al péndulo varian de lugar porque caminan con la tierra, se irán colocando en diferentes posiciones con respecto al plano trazado por sus oscilaciones: supon-

gamos, pues, el péndulo formado con un largo cordon ó varilla que sostiene una gruesa bala de hierro terminada en punta por su parte inferior; haciendo oscilar este péndulo, la punta marcará en un cuerpo unido á la tierra el camino andado en la oscilacion: si este cuerpo permanece sin variar de posicion y el péndulo oscila en el mismo plano, es evidente que la línea que sobre él trace la 2.ª oscilacion será la que trazó la 1.ª; pero si el cuerpo camina con la tierra y el péndulo oscila en el mismo plano que antes, la línea marcada en él por la 2.ª oscilacion no será la marcada por la 1.ª: esto es lo que en efecto se observa haciendo que el péndulo oscile en la posicion conveniente. Para que deje trazada la línea de cada oscilacion se coloca una pequeña porcion de arena amontonada, que la punta del péndulo corta trazando su camino, y se observa que esta traza es distinta en cada oscilacion.

7.ª *Densidad de la tierra.* Algunos físicos se han valido del péndulo para resolver el problema de encontrar la densidad de la tierra; pero de este problema nos ocuparemos al tratar de las densidades.

8.ª *Regulador en los relojes.* Supongamos un cilindro *A* (*fig.* 81) apoyado por su eje, y que tiene arrollado un cordon que sostiene el peso *B*; es evidente que la gravedad haciendo descender este peso desarrolla el cordon, y el cilindro *A* gira con mucha velocidad; si á este cilindro va unida la rueda dentada *C*, y uno de sus dientes se sostiene en el estremo de la pieza *ó escape D* apoyada en *E*; el cordon no podrá desarrollarse. Supongamos unido á este escape *D* un péndulo *EH* cuyo punto de suspension es el *E*; si hacemos oscilar este péndulo por ejemplo hácia la izquierda, la pieza *D* se eleva por este lado y suelta el diente *L* que enganchaba, de modo que el cilindro *A* se encuentra libre y el peso *B* le hace girar; pero al elevarse el escape *D* por el lado *L* baja por el opuesto, y el diente *R* tropieza en él haciendo parar el movimiento del cilindro *A*; en seguida el péndulo oscila en sentido contrario y el escape *D* se eleva por *R* y suelta este diente, pero baja por el otro lado y engancha el diente que sigue á *L*, de modo que en cada oscilacion no da el cilindro mas que una parte de vuelta, y si son doce por ejemplo los dientes de la rueda, tendrá que hacer doce oscilaciones el péndulo para que dé la vuelta entera. Comprendido lo dicho se concibe que el cilindro *A* puede poner en movimiento diferentes ruedas para hacer girar una aguja con la velocidad de una vuelta por hora, que será el minutero de un reloj, y otra aguja que tarde 12 horas en dar la vuelta entera, y será el horario. Un cilindro semejante produce cuando es necesario el movimiento de una rueda que moviendo á su vez un mazo, da sobre el timbre los golpes que marcan las horas. Estos relojes serán los llamados de péndola; pero la elasticidad de un muelle en espiral forzado puede sustituir la accion de la gravedad para producir el movimiento sobre el eje *A*, teniendo por regulador el péndulo como en el caso anterior. En los relojes el péndulo oscila continuamente, porque al chocar el diente de la rueda contra el escape hay un pequeño impulso en el péndulo que aumenta la amplitud de su oscilacion en la cantidad que la resistencia del aire y rozamientos la han disminuido.

Fig. 81.



146. Atraccion molecular. Existe entre las moléculas de los cuerpos

una fuerza de atraccion que debe tener leyes distintas á las de la atraccion entre los cuerpos (110). En efecto, aunque no es posible probar si las moléculas tienen todas el mismo volúmen, debe suponerse así en el mismo cuerpo, y en tal caso la atraccion es entre masas iguales; además, la atraccion molecular debe crecer en razon inversa de una potencia mayor que el cuadrado de la distancia puesto que se observa en muchos cuerpos sólidos reducidos á polvo, que si sus moléculas se aproximan por medio de una fuerte presion no se unen, y que antes de reducirle á polvo estaban tan íntimamente unidas que era difícil separarlas; de aquí hay que deducir que la diferencia de distancia que debe existir entre las moléculas en un caso y otro, y la diferencia de fuerza de atraccion que en los dos casos se observa, no pueden resultar de una razon inversa del cuadrado de la distancia, sino de una potencia bastante mayor; pero no es posible determinar la ley por la pequeñez de las moléculas y de las distancias.

147. Cohesion. La atraccion cuando se ejerce entre moléculas de un mismo cuerpo se llama *cohesion*, y es grande en los sólidos, menor en los líquidos, y nula ó muy pequeña en los gases. Como esta fuerza no es grande en los líquidos, la presion que una parte de su masa ejerce sobre la otra en virtud de la gravedad vence á esta cohesion, y el líquido toma la forma del vaso que le contiene, á no ser que se encuentre en pequeña masa, y entonces vence la cohesion y el cuerpo toma la forma esférica.

148. Adhesion. Cuando la atraccion resulta entre las superficies de dos cuerpos en contacto se llama adhesion; esta es grande en algunos cuerpos, y crece con el pulimento de la superficie y con el tiempo que dura el contacto. Para probar la fuerza de adhesion en los cuerpos se preparan dos placas bien pulimentadas del que se quiere ensayar y se las pone en contacto, cuidando que no quede aire interpuesto que impediria este contacto; sosteniendo una de las placas por cualquier medio y suspendiendo de la otra cuerpos pesados, se podrá medir la fuerza de adhesion. Generalmente se hace este esperimento con dos discos de piedra ó cristal guarnecidos de una armadura con ganchos; del uno se suspenden los discos y del otro se cuelgan los pesos: dos discos de algunos centímetros de diámetro pueden sostener arrobas si han estado unidos algun tiempo. Se hace tambien el esperimento cortando por la mitad una bala de plomo y poniendo bien planas las superficies; si se unen despues harán resistencia para separarse. De la adhesion resulta que dos cristales que han estado unidos algun tiempo. Se rompen antes que separarse. En los líquidos se puede reconocer la adhesion poniendo un platillo de una balanza encima de la superficie del líquido contenido en un recipiente; si este platillo es de un cuerpo que se moje bien por el líquido, cuando se separa de este el platillo, es evidente que lo que separamos es la capa del mismo líquido que va unida al cuerpo mojado; poniendo pesas en el otro platillo hasta que la separacion se verifique, se mide la fuerza de cohesion del líquido observado.

149. Afinidad. Si la atraccion se ejerce entre átomos de diferentes cuerpos, dando origen por su union á otros nuevos cuerpos, se llama *afinidad*, que es por tanto la fuerza que produce las combinaciones y descomposiciones químicas. Esta fuerza se modifica por varias causas; el estado de division de los cuerpos la aumenta en general; el calor produce efectos distintos, pues unas veces para formarse la combinacion se necesita calor, y otras la combinacion ya formada se des-

hace con el calor. Tambien se favorece la afinidad con el estado naciente de los cuerpos; es decir, que es mayor entre dos cuerpos que pueden combinarse cuando se encuentran en presencia en el momento en que se desprenden de otras combinaciones.

150. Todavía tendremos ocasion de estudiar varios fenómenos debidos á la atraccion molecular, y tambien veremos despues que esta fuerza, y otra contraria que existe en los cuerpos, son las que los constituyen en sus diferentes estados.

CAPITULO XI.

PROPIEDADES PARTICULARES DE LOS SÓLIDOS.

151. **Dureza**. La dureza de los cuerpos es *la resistencia que estos ofrecen á la separacion de sus moléculas;* pero el modo de ensayarla da resultados diferentes. En efecto, si pegamos un golpe sobre un pedazo de plomo, sus moléculas no se separan, y si le damos en un cristal se hace pedazos: si tratamos de rayar el cristal con el plomo no lo conseguiremos, y el plomo se raya con el cristal con la mayor facilidad; si se dobla una lámina de plomo no se rompe, y si es de cristal se romperá sin un grande esfuerzo. Por esto se ha convenido en fijar la dureza de los cuerpos con la prueba de rayar unos con otros, de modo que de dos cuerpos es mas duro el que raya al otro. Segun esta prueba es el diamante el cuerpo mas duro de la naturaleza, porque raya á todos; el pórfido, rubí, cristal de roca y variedades del silex son cuerpos muy duros, y los metales lo son poco en general. Este medio de ensayar la dureza de los cuerpos tampoco da resultados iguales en todos los casos; la velocidad del cuerpo que raya puede variar completamente el resultado; por ejemplo, el acero raya al hierro, pero si este se pone en movimiento rápido, raya perfectamente al acero. Los ángulos ó aristas naturales de los cuerpos rayan menos á otros que las que resultan de las fracturas, y los ángulos mas agudos rayan mas facilmente. Todavía hay diferencia entre el rayado y raspado; el vidrio raya la piedra pomez, y esta raspa y deslustra al vidrio. El temple hace á los cuerpos mas duros con ligeras escepciones; las aleaciones ó mezclas de metales son mas duras que los metales que las componen, y el mas ó menos calor influye, siendo mas duros cuando están frios, tambien con alguna escepcion.

152. **Tenacidad**. Tenacidad es *la resistencia que oponen los cuerpos á fraccionarse por una fuerza de traccion.* Esta fuerza se mide sujetando alambres ó barras de los cuerpos por un estremo y cargando con pesas el platillo de una balanza que se suspende al otro estremo. De este modo se observa que los cuerpos no resisten igualmente en todas las formas, siendo la cilíndrica la mas resistente; y si el cilindro es hueco, á igual cantidad de moléculas en contacto, la resistencia es mayor. Los cuerpos fibrosos resisten mas en direccion de sus fibras que en la contraria; los metales trabajados por un medio cualquiera resisten mas que simplemente fundidos; y los alambres, para igual unidad de seccion, resisten mas cuanto mas delgados son. El calor disminuye la tenacidad en general, y tambien la accion prolongada de la fuerza. Las cuerdas muy torcidas y embreadas resisten

menos. Si un cuerpo ha estado sometido á una fuerza de traccion, queda despues menos resistente; de donde resulta que las pruebas de la tenacidad no deben exajerarse, pues un cuerpo puede resistir á ellas y despues ceder á una fuerza menor. En los puentes colgantes hay ejemplo de resistir á la prueba y de ceder despues á pesos mucho menores; y tambien pudieran citarse de pruebas exajeradas que habrán producido indudablemente el efecto de disminuir la resistencia para despues. De los esperimentos hechos resulta, que el peso que ha determinado la ruptura en diferentes cuerpos ha sido por milímetro cuadrado de seccion el que se marca en la siguiente tabla, contando las maderas en direccion de sus fibras y por centímetro cuadrado.

	Kilógramos.
Alambre de hierro	60
Hierro forjado	44
Plancha de hierro	36 á 40
Hierro fundido	13 á 14
Acero	30 á 40
Cobre batido	24 á 25
Cobre laminado	21
Cobre fundido	13
Metal de cañones	26
Plomo fundido ó laminado	1,27 á 1,35
Vidrio, varillas ó tubos	2 á 3
Boj	1400
Fresno	1200
Pino	900
Haya	800
Encina	700
Caoba	560

En agricultura ocurre buscar la tenacidad de una tierra para deducir si será mas ó menos dura para la labor, ó si habrá dificultad en su cultivo. Se ensaya formando un prisma con la tierra desleida en agua, y se la carga para que escurra, con el peso de 1 kil.; despues se apoya por sus estremos y se carga por el medio con pesos hasta que se rompa: los esperimentos han dado que la carga que soportan está en la relacion siguiente: arcilla 15,17 unidades; tierra de jardin 1,28; arena, 0. Se ha medido tambien la tenacidad relativa dejando caer una barra de punta, y viendo lo que se introduce en la tierra; prueba que puede servir para indicar cuándo se hará buena labor, pues si se tiene una barra conocida y se deja caer de la altura á que un hombre puede elevarla, por la cantidad de barra que penetra veremos el estado de dureza que la observacion de operaciones anteriores nos hará conocer, pues sabremos de otras veces que la barra debe introducirse, por ejemplo, $^1/_3$ de su largo para que la labor se haga bien.

153. Resistencia á la presion. Esta resistencia es diferente en los

cuerpos, y aun en uno mismo depende de varias circunstancias. La forma tiene mucha influencia; el paralelepípedo resiste menos cuando su base no es un cuadrado, y en este caso menos que un cilindro; este resiste menos macizo que hueco, y tambien menos que un cono equivalente. En direccion de las fibras la resistencia es mayor, y en las piedras se ha observado que soportan mayor peso cuando están colocadas en la posicion que tenian en la cantera.

154. Resistencia á una fuerza perpendicular á las fibras. Un cuerpo de forma prismática empotrado por un estremo, resiste en razon inversa de su longitud, y menos cuando está horizontal que en otra posicion, aumentando la resistencia á medida que se aproxima á la vertical. Si el cuerpo está empotrado por los dos estremos, resiste mas cuando el peso está repartido que cuando está en el centro, y resiste tambien mas que si estuviera solo apoyado en sus estremos sin empotrar, pues en este último caso se rompe solo por el centro, y en el primero se rompe por el centro y por los estremos: estas dos resistencias se suponen en razon de 2 á 3. La resistencia de un cuerpo prismático es proporcional á su ancho, al cuadrado de su grueso, é inversamente proporcional á su longitud: de aquí resulta que un madero resiste mas de canto que de tabla. La resistencia de los cuerpos huecos en forma de tubos es mucho mayor que la de cuerpos macizos de igual masa; los huesos y plumas de los animales, y las cañas de varios vejetales, tienen esta forma.

155. En las construcciones es de la mayor importancia el estudio de la resistencia de los materiales, de que hemos dado solo una ligera idea: muchas circunstancias de forma y naturaleza influyen, y hay que tenerlas presentes cuando se trata de formar un cuerpo que reuna la mayor resistencia al menor peso y masa posible; pero este estudio no pertenece al presente tratado.

156. Ductilidad. La *ductilidad* es la propiedad que tienen los cuerpos *de cambiar de forma sin que sus moléculas se separen*. La ductilidad en los cuerpos es diferente segun el medio empleado para probarla, pues hay cuerpos que resisten al choque mas que al laminado ó á la hilera, y vice-versa. En el choque ó percusion influye la velocidad y tambien las masas de los cuerpos; y en la presion, la manera de aplicar la fuerza y la forma del cuerpo. Ensayada la ductilidad de los metales, ha dado en circunstancias iguales los resultados siguientes, entendiéndose que el primer cuerpo es el mas ductil.

RESISTENCIA AL FORJADO.	RESISTENCIA A LA HILERA.	RESISTENCIA AL LAMINADO.
Plomo.	Platino.	Oro.
Estaño.	Plata.	Plata.
Oro.	Hierro.	Cobre.
Zinc.	Cobre.	Estaño.
Plata.	Oro.	Plomo.
Cobre.	Zinc.	Zinc.
Platino.	Estaño.	Platino.
Hierro.	Plomo.	Hierro.

La ductilidad aumenta con el calor; las grasas, resinas, vidrio y otros cuerpos son ejemplos de esto; algunos metales se trabajan calientes para que sean mas dúctiles, como el hierro; se esceptua el cobre que lo es menos, y por esto se trabaja en frio, y tambien el plomo y el estaño. El temple hace menos dúctiles á los cuerpos; y en general, las causas que los hacen mas duros (151) disminuyen esta propiedad. La ductilidad se confunde con la *maleabilidad;* sin embargo se entiende mas bien por maleabilidad la resistencia al martillo ó forjado.

CAPITULO XII.

PROPIEDADES PARTICULARES DE LOS LÍQUIDOS.

157. Agua. Al empezar el estudio de los líquidos diremos algo en particular del principal de ellos, que es el agua. Se compone de dos gases llamados *oxigeno* é *hidrógeno*, en la forma siguiente:

	Peso.	Volumen.	Núm. de átomos.
Oxigeno...........	88,89	1...........	1...........
Hidrógeno........	11,11	2...........	2...........
Agua............	100		

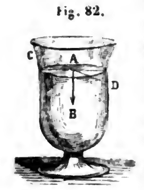
Sabemos que ocupa una estension mayor en la superficie de nuestro globo que la tierra (111); y generalmente no se encuentra pura en la naturaleza, pues contiene en disolucion parte de los cuerpos solubles con que ha estado en contacto, ó arrastra otras insolubles en su movimiento. Segun los cuerpos que tienen en disolucion se llaman *salinas, ferruginosas, alcalinas*, y suelen ser medicinales muchas de ellas. Si tienen cal ó sustancias calizas en esceso no son á propósito para beber, cocer legumbres ni lavar, pues *cortan* el jabon: á estas vulgarmente se las llama *crudas;* si tienen sustancias orgánicas entran estas en putrefaccion, y las dan mal olor y gusto desagradable, diciéndose entonces, aunque con impropiedad, que las aguas están *corrompidas;* si tienen gases en disolucion se llaman *gaseosas* y *sulfurosas*, y tambien suelen ser medicinales; y en fin, cuando su calor es mayor que el ordinario del aire se las llama aguas *termales*, que son igualmente medicinales. Muchas aguas malas se hacen potables filtrándolas (75); las de lluvia recojidas directamente sobre cuerpos insolubles son en general mas puras y mejores para beber y cocer los alimentos; las que no tienen aire en disolucion son sosas, y no potables por indigestas: por esto, las aguas que han cocido ó se han destilado no se pueden beber puras, y aun mezcladas con otras sustancias suelen proscribirse en muchos casos. El agua del mar destilada pierde todas las sustancias salinas que contiene, pero no está completamente resuelto el problema de hacerla potable, pues si se destila es necesario que tome el aire que le falta, y no se conoce para dárselе un método bastante sencillo y económico.

158. Al examinar las propiedades de los líquidos los supondremos incompresibles, puesto que hemos visto que se comprimen poco (91). Tambien los supondremos perfectamente fluidos, aunque siempre existe entre sus moléculas una adherencia ó viscosidad que se opone al libre movimiento de ellas; pero no es posible apreciar esta circunstancia.

159. Presion que sufren las moléculas. Las moléculas de un líquido en reposo están sufriendo presiones iguales en todas direcciones, porque si así no fuera cederian á la presion mayor y se pondrian en movimiento, dejando el líquido de estar en reposo.

160. Superficie superior de un líquido. Cuando un líquido está en reposo ha de terminar en una superficie paralela al horizonte, que será plana sensiblemente cuando no sea de una estension considerable. Si suponemos una molécula *A* (*fig.* 82) en la superficie de un líquido que no termina horizontalmente, esta molécula solicitada por la gravedad *AB* se pondrá en movimiento escurriendo por el plano inclinado *CD*, y por tanto no podrá el líquido estar en equilibrio; pero si suponemos que este termina en superficie plana, la accion de la gravedad está destruida completamente en el plano horizontal (58), y el líquido está en equilibrio. En pequeña estension se podrá considerar plana la superficie en que termina el líquido; pero en grande, como los elementos de esta superficie tienen que ser horizontales, ó lo que es lo mismo, perpendiculares á la direccion de la gravedad para que esta se destruya, resulta que de todos los elementos perpendiculares á líneas que van á parar al mismo punto, se formará una superficie curva; así es en efecto la de los mares.

Fig. 82.



161. Presion igual en todas direcciones. Los líquidos comunican en todas direcciones la presion que reciben en una parte de su masa, y se admite, aunque no está exactamente demostrado, que la comunican con igual intensidad. Para ver que comunican la presion en todas direcciones, puede hacerse uso de un recipiente cualquiera terminado en un cuello donde entra un émbolo; haciendo en las paredes de este recipiente orificios del mismo diámetro que el émbolo, y comprimiendo este, el agua saldrá por todos ellos, y para que no salga, habria que colocar en cada uno de estos orificios otros émbolos, y hacer sobre cada uno de ellos una presion igual á la que se produce en el primero, lo que podria conseguirse cargándolos con pesas conocidas, directa ó indirectamente. Segun esto, si suponemos que en el primer émbolo se hace una presion por ejemplo de 1 arroba, en otro de los que cierran una salida igual se producirá la misma arroba de dentro á fuera, y en otro la misma, de manera que en los dos será 2 arrobas la presion, y si están unidos formando una sola superficie, se producirá sobre ella esta presion. Suponiendo que en lugar de 2 sea la superficie 3, 4 ó mas veces mayor, la presion que en ella resulta será tantas veces la ejercida en el émbolo primero como la superficie de este sea menor que la que recibe la presion; de modo que tenemos que *la presion estará con el efecto producido, en razon de los superficies sobre que se ejercen.*

162. Presion en cada una de las capas. Cada una de las capas horizontales de una masa líquida sostiene todo el líquido de la parte superior, de modo que la presion que este ejerce sobre la capa considerada será proporcional

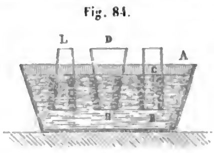
á la distancia desde esta capa hasta la superficie del líquido, ó sea á la altura de éste sobre ella; de aquí resulta que todas las capas de la masa no tienen presion igual, pues aumentará con la profundidad. Pero es evidente que si una capa sufre la presion de toda la masa que tiene encima, y sin embargo el líquido está en equilibrio, ha de haber una fuerza igual de abajo para arriba que destruya esta presion; y puede comprobarse que esto es cierto del modo siguiente: en un vaso *A* (*fig.* 83) que contiene agua, introduzcamos un tubo de vidrio *B*, al que sirve de fondo una pieza *C* metálica hueca, que no pese mas ni menos que un volumen igual de agua; esta pieza se sujeta por medio del cordon *D* al introducir el tubo en el agua, pero despues que se ha introducido la sostiene la presion del agua hácia arriba, lo que prueba que esta presion existe; echemos agua dentro del tubo *B*, y veremos que en el momento en que esta llegue á una altura igual á la del vaso el fondo se separa, lo que prueba que la presion hácia arriba ejercida por el líquido sobre el fondo es igual á la que produce el que tiene encima cuando es en la misma cantidad que si no existiera el tubo *B*.

Fig. 83.



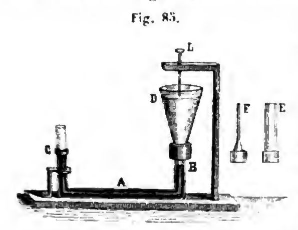
163. Presion en el fondo del vaso. La presion que se ejerce por un líquido en el fondo del vaso que le contiene, es igual *al peso de una columna de líquido que tiene por base el fondo y por altura la distancia desde éste á la superficie del líquido, sea cualquiera la forma del vaso.* Si se introduce en un recipiente de agua *A* (*fig.* 84) un tubo cilíndrico *C*, la presion sobre una capa *B* que sirve de fondo al vaso es, como ya sabemos, la de todo el líquido que tiene encima (162), que será en este caso el agua contenida en el tubo *C*; y la prueba de que aquí será tambien esta misma presion, es que dentro del tubo está el líquido á la misma altura que fuera, de modo que la presion es la misma que si no hubiera tubo. Si en lugar de la capa *B* sustituyéramos un fondo cualquiera, es evidente que la presion sobre él sería la misma que sobre la capa *B*; luego la presion sobre el fondo de un vaso cilíndrico es el peso de una columna líquida que tiene por base el fondo y por altura la del líquido en el vaso. Introduzcamos otro tubo cónico *D*, que tenga la misma seccion *H* en la base, y veremos que el líquido queda dentro del tubo á la misma altura que se encuentra fuera; luego la presion sobre su fondo es la misma que en el vaso *C*, porque si fuera mayor, la capa *H*, que sirve de base, estaria mas comprimida que la *B*, y cediendo á esta mayor presion bajaria el líquido en *D*, ó si fuera menor la presion en *H* subiria el líquido mas que en el otro tubo: resulta por tanto que en este vaso de forma cónica la presion sobre el fondo es la misma que en el cilindro, á pesar de ser muy diferentes las cantidades de líquido que contienen. Coloquemos un tercer tubo *L* cónico de la misma base que los otros, pero en posicion inversa de la del vaso *D*; el liquido interior sube tambien en este á la misma altura á que se encuentra en el esterior: repitiendo lo dicho con respecto al tubo *D* resultará que la presion en este nuevo vaso es la misma que en los dos anteriores. Este principio, conocido con el nombre de *paradoja hidrostática*, se ha tratado de demostrar por otros varios medios, ideando diferentes aparatos para

Fig. 84.



comprobarle esperimentalmente; el mas sencillo y acomodado á este objeto es el de Haldat (*fig.* 85). Se compone de un tubo de cristal encorvado *CAB*, en que se pone mercurio; al estremo *B* se coloca por medio de una rosca uno de los tres vasos *D E F*, que son abiertos por sus dos estremos; colocado el *D*, por ejemplo, y echando agua, el mercurio del tubo *A* es el que forma el fondo del vaso, y por tanto la presion sobre este fondo hará subir el mercurio en la otra rama *C* del tubo; marquemos por medio de un anillo la altura de este mercurio, y con la aguja *L* la del agua en el vaso *D;* quitando éste despues de desocuparle por una llave que debe tener en su estremo inferior, y colocando cualquiera de los otros dos, veremos que si se echa agua hasta el punto marcado por *L* sube el mercurio hasta el señalado por el anillo, prueba de que la presion sobre el mercurio en *B*, esto es, sobre el fondo de los vasos, ha sido la misma en los tres casos. Puede creerse por lo que acabamos de ver, que la presion trasmitida por el fondo á un cuerpo que le sirva de soporte, será la misma cualquiera que sea la forma del vaso, si este fondo y la altura son iguales; y de aquí que si el soporte es el platillo de una balanza, la presion sobre este será la misma y el peso marcado igual: pero no es así, porque la balanza indica el peso del vaso y el del líquido segun su cantidad; de modo que si es un vaso de la forma *D*, el peso marcado será mayor que si es de cualquiera de las otras dos formas. Esto se esplica teniendo en cuenta que la presion del líquido se trasmite en todas direcciones, y por tanto que hay presiones en sentido contrario á la del fondo segun la forma del vaso, las cuales disminuyen ó aumentan las del platillo con respecto á la de aquel. Si el vaso está sostenido, y el platillo de la balanza sirve de fondo sosteniendo solo la presion que este sufre, entonces será el peso el mismo para los tres vasos y dará otro medio de comprobar la paradoja hidrostática.

Fig. 85.



164. Presion sobre las paredes laterales. La presion que ejerce un líquido sobre la pared lateral del vaso que le contiene, es igual *al peso de una columna del liquido que tenga por base la porcion de pared considerada, y por altura la distancia desde el centro de gravedad de la pared hasta la superficie del liquido.* Este principio se demuestra facilmente por el cálculo, y puede concebirse su exactitud suponiendo un elemento sumamente pequeño de la pared; la presion sobre él será la de la columna líquida que soporta: si una porcion de estos elementos se suponen reunidos, la presion total será la suma de las de cada elemento, que resultará ser la estension de pared considerada por una altura media entre todas las de los dichos elementos, cuya altura media da el cálculo que es la que sale del centro de gravedad. La resultante de estas presiones parciales sobre los elementos, que es el valor de la presion total, tiene sobre la pared considerada un punto de aplicacion que se llama centro de presion, y que no coincide con el de gravedad, puesto que la presion en cada elemento es distinta por no ser iguales sus distancias á la superficie; por esta razon el centro de presion está siempre mas bajo que el de gravedad. El cálculo demuestra que el centro de presion en un rectángulo, está sobre la

línea que une los medios de sus lados horizontales, á los $^2/_3$ de ella contados desde la superficie del líquido; el de un triángulo que tiene su base en la superficie del líquido, está en el centro de la línea que une el medio de la base con el vértice del ángulo opuesto; y si es uno de los vértices el que está en la superficie del líquido y el lado opuesto es horizontal, el centro de presion está, como en el caso anterior, en la línea que une el medio de la base con el vértice del ángulo opuesto, pero á los $^3/_4$ de esta línea contando desde la superficie del líquido. De lo dicho se deduce que el centro de presion de un vaso cilíndrico, es una circunferencia trazada en su superficie, que diste de la del líquido $^2/_3$ de la altura total de este, pues su superficie desarrollada sería una porcion infinita de rectángulos; el centro de presion de un vaso cónico, mas ancho de la parte superior, será una circunferencia trazada en su superficie en medio de la altura del líquido; y si el vaso es tambien cónico pero mas estrecho de arriba, la circunferencia estará trazada á los $^3/_4$ de la altura del líquido, pues en el caso de vasos cónicos, la superficie desarrollada sería una porcion infinita de triángulos.

165. Presion grande con pequeña cantidad de líquido. Como la presion de los líquidos se ejerce en todas direcciones y es dependiente de su altura, si colocamos en cualquier vaso, por ejemplo en un tonel, un tubo largo y delgado, y llenamos de agua uno y otro, la presion sobre una estension superficial del tonel será la de la columna líquida que tenga por base esta estension superficial, y por altura la total del líquido en el tubo. Si suponemos, por ejemplo, una estension de superficie de tonel igual á 1 decímetro cuadrado, y que el tubo tenga 10 metros, ó sea 100 decímetros, el peso que soportará esta superficie será 1×100 decímetros cúbicos de agua, ó sea 100 litros, que pesan 100 kilógramos ú $8^1/_2$ arrobas. Esta considerable presion soportada por cada decímetro cuadrado de superficie de tonel será sin duda suficiente para romperle, y sin embargo es producida por la pequeña cantidad de agua que puede contener el tubo delgado que se le ha añadido.

166. Presion en direccion contraria á la salida. Las presiones ejercidas por un líquido en las paredes del vaso que le contiene, como son iguales y opuestas, se hacen equilibrio; pero si suponemos que cesa la de un lado el equilibrio no existe, y el vaso queda solicitado por una fuerza en direccion contraria á la que ha cesado. Supongamos, para demostrar este principio, un vaso esférico *A* (*fig.* 86) suspendido de un cordon; el líquido ejerce una presion marcada por la fuerza *B* y otra contraria *C* sobre dos puntos opuestos de la superficie del vaso.

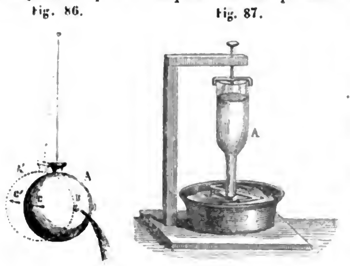


Fig. 86. Fig. 87.

Si se abre en *B* un orificio por donde puede salir el líquido, como este no encuentra resistencia, sale y cesa la fuerza en *B*; pero como queda la fuerza *C* obrará sobre el vaso, que estando suspendido, como hemos dicho, será separado de la posicion vertical tomando la posicion *A'*, de modo que el vaso se mueve en direccion con-

traria á la salida del líquido. Puede disponerse tambien el aparato (*fig.* 87) formado del vaso *A* que gire alrededor de un eje, y tenga en su parte inferior dos ó mas tubos horizontales *B*, encorvados en sus estremos: si se pone agua en el vaso saldrá por los tubos, produciendo una fuerza en sentido contrario de su salida, suficiente para dar al vaso un movimiento de rotacion sobre su eje. En este principio se fundan las máquinas hidráulicas llamadas turbinas y ruedas de reaccion.

167. Principio de Arquimedes. Si un cuerpo sólido está sumergido dentro de un líquido, soporta en todos sus puntos la misma presion que soportarian los de la masa líquida que desaloja. Supongamos (*fig.* 88) una porcion *A* de líquido en el centro de la masa del contenido en un vaso; esta porcion *A* tiene un peso que representa la fuerza *B*, y cuyo peso debe hacerle caer: pero vemos que no cae, puesto que se sostiene en el centro de la masa líquida; luego hay una fuerza *C* en sentido contrario que destruye la *B*, y por eso la porcion *A* está en equilibrio. Como en este caso *B* es el peso del líquido *A*, tiene que ser *C* una fuerza igual al peso de este mismo líquido. Supongamos ahora que la porcion *A* se sustituye con un sólido exactamente igual: este sólido tendrá tambien un peso, representado por la fuerza *B*, diferente en valor á lo que era antes, y como la *C* existe lo mismo y es contraria á la *B*, el peso del cuerpo dentro del líquido está disminuido de todo el valor de *C*; pero esta fuerza *C* es como hemos visto igual al peso de una porcion de líquido igual al cuerpo, luego el peso del cuerpo dentro del líquido está disminuido en una cantidad igual á la del peso de una masa de líquido de igual volumen que él. Esta verdad, que se conoce con el nombre de *principio de Arquimedes*, por haber sido descubierta por este sabio, y que veremos despues ser cierta en un gas lo mismo que en un líquido, puede enunciarse con la siguiente proposicion: *Todo cuerpo sumergido en un fluido, pierde de su peso tanto como pesa el volumen de fluido que desaloja.* Tambien se demuestra esperimentalmente el principio de Arquimedes, y para ello supongamos (*fig.* 89) un cilindro hueco *A* y otro macizo *B*, construidos de modo que el hueco tenga una capacidad exactamente igual al volumen del macizo; colguemos estos dos cilindros del platillo de una balanza, y hagamos equilibrio con un cuerpo cualquiera: si despues introducimos el cilindro macizo *B* en agua el equilibrio no existirá, y la balanza se vencerá del lado del contrapeso; luego ha perdido el cilindro sumergido una parte de su peso. Para saber qué parte es la perdida, echemos agua en el cilindro hueco, y veremos que cuando esté lleno, el equilibrio se restablece; pero como ya sabemos que la capacidad de este cilindro es igual al volumen del otro, resulta que para restablecer el equilibrio hemos tenido que añadir un volumen de agua igual al del cilindro sumergido, de donde se deduce que este habia perdido por su inmersion el peso de un volumen de agua igual al volumen suyo. Supongamos (*fig.* 88) que el peso *B* del cuerpo es igual al *C* del volumen de líquido desalojado; en este caso el cuerpo quedará en equilibrio

Fig. 88.

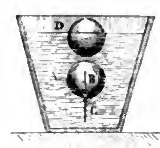
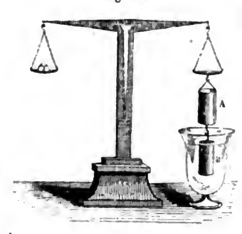


Fig. 89.



dentro de la masa líquida en cualquier punto de ella, pues toda la fuerza *B* está destruida lo mismo que cuando era una porcion del mismo líquido; es decir, que el cuerpo estará *equiponderante*. Si el peso *B* es mayor que *C*, el cuerpo caerá con una fuerza *B* disminuida de *C* hasta que encuentre resistencia en el fondo del vaso.

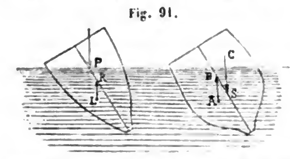
168. Cuerpos flotantes. Si *B* es menor que *C* (*fig.* 88), el cuerpo en lugar de caer se elevará, pues la resultante de las dos fuerzas opuestas será en direccion de la mayor: pero estas dos fuerzas para que al fin resulte equilibrio tendrán que hacerse iguales; y como la *B*, que representa el peso del cuerpo, no puede aumentar, será la *C*, que representa el peso del liquido desalojado, la que tendrá que disminuir, haciendo que el cuerpo salga del líquido hasta que solo desaloje un volumen de él que pese lo mismo que el cuerpo, y entonces tendremos á este *flotante*. De aquí resulta que *para flotar un cuerpo ha de tener menos peso que un volumen igual al suyo del fluido en que se encuentre sumerjido:* por esta causa flota el corcho en el agua, el plomo en el mercurio, y pueden elevarse algunos cuerpos en el aire, como veremos mas adelante. Tambien es consecuencia de lo que dejamos dicho que *un cuerpo flotante desaloja un volumen de fluido que pesa lo mismo que él;* principio que puede demostrarse esperimentalmente. Supongamos (*fig.* 90) el vaso *A* con un tubo *B* vertical que sale desde su parte inferior, el cual tiene una llave; echando agua en este vaso se elevará en el tubo *B* hasta un punto que se marca con un anillo que está adaptado al mismo tubo; coloquemos un cuerpo flotante *C* en el agua, y es evidente que el volumen de esta aumentará en una cantidad igual al volumen sumerjido del cuerpo, y por tanto subirá el líquido en el tubo *B;* si en seguida se hace salir por la llave el liquido necesario para que vuelva á ocupar el mismo volúmen que antes, es decir, para que llegue á la señal del tubo *B*, la cantidad que salga será la que se aumentó por la parte sumerjida del cuerpo, ó lo que es lo mismo, será una porcion igual á la que el cuerpo desaloja: pesando este agua y el cuerpo se verá que los dos pesos son iguales. Un cuerpo cualquiera puede tambien flotar en un liquido, siempre que se le dé la forma conveniente para que antes de sumejirse desaloje un volumen de líquido que pese mas que él: por ejemplo, una esfera hueca de cobre podrá flotar si para sumerjirse tiene que desalojar un volumen de agua que pese mas que la masa de que está formada; pero si el agua entra en el interior, como la cantidad desalojada de líquido es en este caso menor, su peso será tambien menor que el de la esfera, y esta caerá al fondo. Un navío se sumerje por la misma causa si el agua penetra en su interior. Se llama *centro de presion* en un cuerpo flotante el punto donde se encontraria el centro de gravedad del liquido desalojado.

Fig. 90.

169. Equilibrio de los cuerpos flotantes. La condicion de equilibrio estable en un cuerpo flotante es en general que el centro de gravedad se encuentre mas bajo que el de presion, pero esta condicion no es indispensable: en efecto, supongamos un barco (*fig.* 91), cuyo centro de gravedad es el punto *S*, este punto no varía, sea cualquiera la posicion del barco, pero el centro de presion, ó sea el de gravedad del líquido desalojado, varía en cada posicion que el dicho barco toma, puesto que varía la forma del líquido que desaloja. Supongamos en *A*, para una posicion da la, este centro de presion; trasladada al eje la fuerza vertical que obra

sobre el punto A, tendremos la fuerza AB aplicada al punto B; este *punto, en que la vertical que pasa por el centro de gravedad del liquido desalojado corta al eje de figura,* se llama *metacentro*. Las dos fuerzas CS de gravedad y BA de presion del líquido, paralelas, tienden á colocar el eje en posicion vertical, y el barco estará en equilibrio estable cuando su eje tome esta posicion: pero supongamos que el metacentro R está mas bajo que el centro de gravedad P; en este caso las fuerzas P y RL tienden á dar vuelta al eje y con él al barco, de modo que estaria este en equilibrio instable cuando se encontrara el eje vertical, porque las dos fuerzas se destruirian, pero en el momento que el eje se inclinara, estas fuerzas le harian volcar completamente. Se ve por lo dicho, que el equilibrio será estable cuando el metacentro esté mas alto que el centro de gravedad del cuerpo, y lo será tanto mas cuanto mayor sea la distancia de estos puntos, pudiendo estar el centro de gravedad mas alto que el de presion, como el S con respecto al A, sin dejar de ser estable el equilibrio, pero será instable si el metacentro está mas bajo que el centro de gravedad, siendo indiferente tambien el equilibrio si estos dos puntos están uno sobre otro. Se puede hacer que baje el centro de gravedad para dar al equilibrio mayor estabilidad, añadiendo peso á la parte inferior del cuerpo, que es lo que se llama *lastrar*. El estudio de la estabilidad de los cuerpos flotantes es de la mayor importancia en las construcciones navales.

Fig. 91.



170. Movimiento de cuerpos flotantes. Para mover un cuerpo flotante no hay que vencer mas que su inercia al principio del movimiento, y la resistencia del líquido á separarse para dejarle paso despues que ya se mueve. Esta es la causa por que son de tanta utilidad los canales y rios navegables para conduccion de cuerpos pesados, pues una pequeña fuerza trasporta pesos muy considerables.

171. Densidad de los cuerpos; aplicacion del principio de Arquimedes. Se llama *densidad* de un cuerpo *la cantidad de moléculas que contiene en un volumen dado;* de manera que un cuerpo será mas denso que otro cuando en volumen igual tenga mayor número de moléculas. Para averiguar la densidad relativa de dos cuerpos sería necesario determinar el número de moléculas que cada uno tiene en volumen igual; y si se encontraba, por ejemplo, que uno tenia doble número que el otro, su densidad seria doble tambien: pero siendo imposible fijar de ningun modo las contenidas en una masa dada, hay que valerse del peso, puesto que si hay doble número de moléculas en un cuerpo que en otro, la gravedad, obrando sobre cada una con igual intensidad, producirá un doble número de fuerzas iguales, cuya resultante, que es el peso (113), será tambien dos veces mayor. Segun esto, para conocer la densidad relativa de dos cuerpos habrá que conocer el peso de dos volúmenes exactamente iguales de estos dos cuerpos, y ver cuántas veces un peso es mayor que el otro. Si por ejemplo un cuerpo pesa 6 onzas, y un volumen igual de otro pesa 2, el primero tendrá 6 dividido por $2=3$ veces mas densidad que el segundo. Averiguada la densidad de un cuerpo con relacion á otro, y la de un tercero con otro tambien diferente, no se conocerá la relativa de los cuatro: por ejemplo, si suponemos que se conoce la del hierro con relacion al cobre y la del oro con el plomo, no tendremos por esto conocida la del oro con el cobre

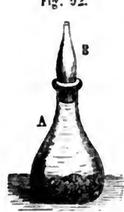
ó hierro; pero si determinamos la de todos los cuerpos con relacion á uno cuya densidad se tome por unidad, tendremos conocida la de uno cualquiera con respecto á otro. Si se ha encontrado que la densidad del oro es 19 con relacion al agua, es decir, que es 19 veces mayor que la de este liquido, y la del hierro 7, tendremos que la del oro es 19 dividido por 7 veces mayor que la del hierro; por esta causa en la determinacion de las densidades de los cuerpos, se ha de tomar la de uno de ellos por unidad para comparar con esta todas las de los demás. La eleccion del que haya de tomarse por unidad no es arbitraria, por la dificultad de reducir dos cuerpos á un volumen exactamente igual. Si se toma un sólido, esta reduccion será poco menos que imposible en muchos casos, y nunca habrá una exactitud matemática; pero si se toma un líquido, como lo que se necesita es el peso de volúmenes iguales de los dos cuerpos, tendremos el peso de un volumen de líquido, segun el principio de Arquimedes, pesando el sólido primero fuera y luego dentro de él, y lo que pierda de su peso será el peso de un volumen de líquido exactamente igual al sólido, pues que será el del volumen desalojado por este al sumerjirle. Visto que debe ser un líquido el que se tome por unidad se ha escojido naturalmente el agua, puesto que es facil obtenerla en las mismas condiciones en todas partes; pero el agua debe ser destilada para que no contenga otros cuerpos en disolucion que alteren su peso, y además en un estado de calor de 4 grados, estado que sabremos apreciar mas adelante: de este modo pesará siempre lo mismo en igual volumen. Tambien los cuerpos sólidos deben estar con la cantidad de calor que se designa por 0 grados; y como no es facil obtener ni los cuerpos ni el agua en este estado de calor durante la operacion, es preciso hacer correcciones, que estaremos en el caso de poder efectuar al tratar del calor. Tomando, como hemos dicho, el agua por unidad con las condiciones marcadas, la densidad de los cuerpos recibe el nombre de *peso específico;* de modo que será peso específico de un cuerpo ***su peso comparado con el de un volumen exactamente igual de agua*** en las condiciones convenientes. Examinemos por qué medios puede determinarse el peso específico de los cuerpos sólidos.

172. Peso específico por la balanza. Con una balanza que tenga en la parte inferior de uno de sus platillos un gancho (*fig.* 89), y que en este caso se llama balanza *hidrostática*, puede hallarse el peso específico. Para ello tomemos un pedazo cualquiera del cuerpo en cuestion, plomo por ejemplo, y pesémosle exactamente; supongamos que pesa 20g,44; suspendido este cuerpo por medio de un hilo del gancho de la balanza, y sumergido en agua destilada, pesará menos: supongamos que sea este peso 18g,64, el cuerpo ha perdido de su peso 20,44−18,64=1g,80, y como sumerjido pierde lo que pesa el volumen de agua desalojado, resulta que 1 volumen de agua exactamente igual al cuerpo pesa 1g,80: segun esto tenemos 20g,44 por peso del cuerpo, y 1g,80 por peso de 1 volumen igual de agua; luego las veces que el cuerpo pesa mas que esta serán 20,44 dividido por 1,80=11,35, que será el peso específico del plomo.

173. Peso específico por medio de un frasquito Puede encontrarse el peso específico valiéndose de un frasquito *A* (*fig.* 92), el cual está cerrado con un tapon *B* de cristal esmerilado, que tiene una pequeña canal en su centro; lleno de agua este frasco y tapado, el líquido en esceso se saldrá por la canal del

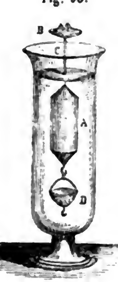
tapon, y como este entra ajustado, siempre que se repita el esperimento el volumen interior del frasco será el mismo. Supongamos que se quiere averiguar el peso específico del azufre en polvo, tomemos una porcion que pesaremos exactamente: sea su peso 10 gramos; lleno el frasquito de agua destilada y bien tapado le colocaremos en el mismo platillo que el azufre, y pesando todo junto tendremos por ejemplo 60g,17; introduzcamos el azufre dentro del frasco y tapemos bien; habrá salido de este un volumen de agua igual al del azufre, y por tanto, si pesamos de nuevo faltará el peso del agua que se salió; supongamos que el peso sea ahora 55g,25 el peso que falta es 60,17—55,25=4g,92 luego el volumen de agua que se salió, esto es, un volumen de agua igual al del azufre, pesa 4g,92, y como el azufre pesaba 10g, tendremos que su peso específico será 10 dividido por 4,92=2,03.

Fig. 92.



174. Peso específico por la balanza de Nicholson. La balanza ó gravímetro de Nicholson (*fig.* 93) se compone de un cilindro hueco *A*, cerrado por sus dos estremos, terminado en la parte superior por el vástago *C* que sostiene al platillo *B*, y en la inferior por un gancho que sostiene el cestillo ó recipiente *D;* el vástago tiene marcado un punto en *C*, que se llama punto de enrase, y el aparato está construido de modo que flote en el agua, introduciéndose solo sus dos terceras partes poco mas ó menos. Con este aparato puede averiguarse el peso exacto de un cuerpo, y tambien su peso específico. Supongamos el gravímetro sumerjido en agua, y un cuerpo colocado en *B*, por ejemplo un pedazo de hierro dulce; añadiremos un peso cualquiera encima del mismo platillo *B* hasta que *enrase* el aparato, esto es, hasta que el punto *C* esté exactamente en la superficie del líquido, y en este estado quitaremos el cuerpo del platillo *B* y pondremos pesas conocidas hasta que vuelva á enrasar: estas pesas nos darán con toda exactitud el peso del cuerpo, puesto que obligan al gravímetro á desalojar una misma cantidad de agua al sumerjirse desde donde quedaba naturalmente hasta el punto de enrase; cantidad que es igual en peso al hierro en el primer caso y á las pesas en el segundo. Tenemos pues averiguado por este medio el peso exacto del cuerpo, de modo que el gravímetro será un aparato que habrá de añadirse á los que hemos dado á conocer para averiguar el peso de los cuerpos (131). Supongamos que en el caso presente sea el peso encontrado del pedazo de hierro 12g,38; quitadas en seguida las pesas de *B* coloquemos el cuerpo en el cestillo inferior *D*, y como está sumerjido en agua perderá de su peso el del volumen de agua que desaloja, de modo que no enrasará el aparato como cuando el cuerpo estaba en el platillo *B;* añadamos pesas en este platillo, y es evidente que estas representarán el peso que el cuerpo ha perdido por su inmersion; luego representan el peso de un volumen de agua igual al cuerpo: si, por ejemplo, es 1g,59, tendremos para peso específico del hierro dulce 12,38 dividido por 1,59=7,78.

Fig. 93.



175. Casos particulares al averiguar el peso específico. Los

cuerpos presentan circunstancias particulares que hacen preferible alguno de los métodos dichos al encontrar su peso específico, ó exijen ciertas preparaciones que vamos á indicar. Para los cuerpos en polvo el método preferible será el del frasquito (173); y para que no quede aire interpuesto entre las partículas del polvo conviene calentar el líquido despues de mezclado con el cuerpo. Cuando sea mas ligero que el agua el cuerpo en cuestion, se empleará el método del frasquito ó el del gravímetro, y en este último caso, al introducir el cuerpo en el agua se pone invertido el cestillo *D*, y así permanece el cuerpo sumergido; para que no quede aire dentro del cestillo, que produciria error, se encuentra este agujereado en toda su superficie. Si se trata de averiguar el peso específico con respecto al volumen aparente (69), es necesario que el agua al hacer la operacion no penetre en los poros, y para esto se cubre el cuerpo con otro que no deje paso al agua, por ejemplo con cera, pero se emplea un pedazo de esta que habremos sumerjido antes y averiguado el peso del volumen de agua que desaloja. En tal caso, despues de averiguado el peso del cuerpo se pesa junto con la cera; luego, estendida esta sobre él, se introducen en el agua, y el peso perdido será lo que corresponde á los dos, que restando lo correspondiente á la cera, dará la pérdida del cuerpo solo. Si se quiere el peso específico con relacion al volumen real, se podrá tener el cuerpo sumergido bastante tiempo para que el líquido le penetre, ó para mas exactitud se le reduce á polvo si es posible. Cuando el cuerpo es soluble ó descomponible en el agua puede cubrirse con cera como en el caso de ser poroso, ó se emplea otro líquido para hacer el esperimento; en este caso hay que multiplicar despues la densidad encontrada con relacion á este otro líquido. por el peso específico del líquido con el agua; por ejemplo, si encontramos que la densidad de un cuerpo es 4 con relacion á un líquido, y el peso específico de este líquido es 2, tendremos que si cuando se supone 1 el peso del líquido el del cuerpo es 4, cuando este líquido pese 2 el cuerpo pesará $2 \times 4 = 8$; y como 2 es el líquido siendo 1 el agua, 8 será el cuerpo con respecto á ella, es decir, que 8 será el peso específico del cuerpo. En agricultura ocurre á veces averiguar el peso específico de una tierra para deducir si es mas ó menos ligera, y si se aproxima en densidad á la de jardin ó arenosa; el método mejor para este caso será el del frasco (173).

176. Peso específico de la tierra. Varios físicos han tratado de encontrar la densidad media de la tierra, valiéndose para ello de diferentes métodos; entre otros de la atraccion que sobre la plomada ó sobre las oscilaciones del péndulo (145, 7.ª) ejerce la masa de una montaña, ó la de un cuerpo cuya densidad era conocida; pero han dado números muy diferentes. Carlini la ha fijado en 4,39; Maskeline en 4,5; Hutton en 5; Reich en 5,44; Cavendish en 5,448; Baily en 5,67, y Airy en 6,566: por lo tanto el problema puede decirse que no está resuelto.

177. Peso específico de los líquidos. El peso específico de los líquidos es, como en los sólidos, la relacion entre los pesos de dos volúmenes iguales de líquido y agua en las mismas condiciones para esta que en los sólidos (171), y al calor de cero grados el líquido. Pueden emplearse tambien varios métodos para determinarle.

178. Peso específico de los líquidos determinado por la balanza. Suspendiendo un cuerpo cualquiera en la balanza (*fig.* 89), por ejemplo

una esfera de cristal, hagámosla equilibrio en el otro platillo con pesos cualesquiera; en este estado, si se introduce en el líquido cuyo peso específico vamos á determinar, por ejemplo en ácido sulfúrico, la balanza perderá el equilibrio, y será necesario añadir pesas conocidas en el platillo donde está suspendido el cuerpo para restablecerle; estas pesas, que señalan la pérdida de peso del cuerpo sumerjido en el ácido sulfúrico, representan el peso de un volumen de ácido igual á él: supongamos que sean 2g,37; repitamos la misma operacion sumerjiendo el cuerpo en agua destilada, y supongamos que ha perdido de su peso 1g,28: esta cantidad es el peso de un volumen de agua igual al cuerpo sumergido, volumen que es igual tambien al del ácido, y cuyo peso hemos determinado; luego el peso específico del ácido sulfúrico será 2,37 dividido por 1,28=1,84.

179. Otro método con la balanza. Puede encontrarse el peso específico de un líquido por medio de la balanza empleando otro método distinto del anterior (178). Pongamos en uno de los platillos un vaso que contenga el líquido cuyo peso específico se quiere averiguar, alcohol por ejemplo, y hagamos equilibrio con pesos cualesquiera en el otro platillo; introduzcamos en este líquido un cuerpo, la misma esfera de cristal antes dicha, pero sostenida en un soporte *A* (*fig.* 94), que esté independiente del platillo de la balanza; el soporte sostiene el peso total del cuerpo menos lo que pierde por su inmersion en el líquido, y esta pérdida pasa al líquido, produciendo el mismo efecto que si se añadiera al vaso un volumen del líquido igual al cuerpo sumergido; añadiendo pesas en el otro platillo tendremos el peso de un volumen del líquido en cuestion igual al cuerpo: supongamos que siendo alcohol, como se ha dicho, este peso sea de 1g,62; repitamos la misma operacion poniendo en la balanza un vaso con agua destilada, y supongamos que el aumento de peso sea 2g,05; puesto que conocemos el peso de dos volúmenes iguales de alcohol y agua, tendremos que el peso específico de este será 1,62 dividido por 2,05=0,79.

Fig. 94.



180. Método del frasquito. El mismo frasco (*fig.* 92) que hemos descrito para encontrar el peso específico de los sólidos (173), es á propósito tambien para determinar el de los líquidos. Puesto en una balanza el frasco sin líquido se le hace equilibrio con un cuerpo cualquiera; en seguida se llena del líquido cuyo peso específico se trata de buscar, por ejemplo aceite; se cierra bien y se pesa; las pesas que pongamos en el otro platillo serán el peso del aceite contenido en el frasco: supongamos que sean 6g,25, limpiando bien el frasco y pesado de nuevo lleno de agua destilada, supongamos que da 6g,86, conocemos por tanto el peso de dos volúmenes iguales al frasco de agua y aceite; luego el peso específico de este será 6,25 dividido por 6,86=0,91.

181. Método del gravímetro. El gravímetro (*fig.* 93) puede servir para determinar el peso específico de los líquidos, y para este objeto se hace de cristal, que puede introducirse en todos los líquidos sin ser atacado; la operacion en este caso es la siguiente. Pesemos primero el aparato exactamente, y supongamos que pesa 80g,65; introduzcámosle en el líquido en cuestion, por ejemplo en agua del mar y añadamos pesos hasta que enrase; estos pesos unidos al del gravímetro serán el peso del volumen del líquido desalojado, es decir, el peso de un volumen de líquido igual al del aparato hasta el punto de enrase; supon-

gamos que se añadieron 8g,32, el peso dicho del volumen de agua de mar será 80,65+8,32=88,97; introduzcamos en seguida el gravímetro en agua destilada, y añadiéndole pesas para enrasar, suponiendo que sean estas 6g,06, el peso de un volumen de agua destilada igual al aparato es 80,65+6,06=86,71, y por tanto el peso específico del agua del mar será 88,97 dividido por 86,71=1,026.

182. Utilidad del peso específico. La determinacion del peso específico es importante en muchos casos, pues nos da un medio de distinguir ciertos cuerpos ó reconocer su estado de pureza. En mineralogia ocurre encontrar cuerpos cuya densidad puede servir para reconocerlos: el oro puro tiene una densidad mayor que mezclado con otros metales, escepto el platino; el diamante y otras piedras preciosas pueden distinguirse de las falsas con que se imitan por medio del peso específico; y en fin, la densidad de un liquido nos servirá para juzgar de su valor, segun veremos despues.

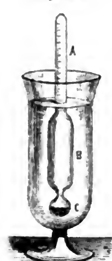
183. Tabla de pesos específicos. El de los sólidos y liquidos que mas importa conocer, se encuentra en la siguiente tabla.

Platino laminado	22,069	Perlas	2,750
Oro forjado	19,362	Vidrio de botellas	2,732
Tungsteno	17,600	Agua-marina	2,722
Mercurio	13,568	Marmol de Carrara	2,716
Plomo	11,352	Espato de Islandia	2,715
Plata	10,474	Coral	2,680
Bismuto	9,822	Cristal de roca	2,653
Cobre fundido	8,788	Cuarzo en masa	2,647
Acero	7,816	Vidrio	2,642
Cobalto	7,811	Agata	2,637
Hierro	7,788	Cornerina	2,613
Estaño	7,291	Tierra arcillosa	2,603
Hierro fundido	7,207	Agata oriental	2,590
Zinc fundido	6,861	Granate	2,468
Antimonio	6,712	Porcelana de China	2,385
Rubí oriental	4,283	Tierra de jardin	2,332
Granate de Bohemia	4,189	Porcelana de Sevres	2,145
Topacio oriental	4,010	Azufre nativo	2,033
Rubí espinela	3,760	Marfil	1,917
Topacio del Brasil	3,536	Acido sulfúrico	1,840
Flint-glass	3,529	Antracita	1,800
Diamantes.... entre 3,500 y	3,550	Fósforo	1,770
Espato fluor	3,191	Alumbre	1,720
Zafiro del Brasil	3,130	Goma arábiga	1,452
Chorlo	2,922	Madera de granado	1,354
Serpentina	2,896	Carbon de piedra	1,300
Cristal	2,892	Acido nítrico	1,271
Pizarra	2,853	Acido clorhidrico	1,247
Esmeralda	2,775	Agua del mar Muerto	1,240
Arena	2,753	Encina	1,170

Ambar	1,078	Moral	0,897
Acido acético	1,062	Amoniaco líquido	0.897
Agua del mar	1,026	Aguarrás	0,869
Agua destilada á 4°	1,000	Haya	0,852
Agua de lluvia	1,000	Fresno	0,845
Agua destilada á 0°	0,999	Tejo	0,807
Vino de Burdeos	0,994	Aliso	0,800
Malvasía y Madera	0,993	Alcohol	0,792
Cera	0,968	Ciruelo	0,785
Esperma de ballena	0,943	Eter sulfúrico	0,739
Manteca	0,942	Cerezo	0,715
Sebo	0,941	Naranjo	0,705
Goma elástica	0,933	Olmo	0,671
Hielo	0,930	Peral	0,661
Ambar gris	0,926	Pino	0,657
Aceite de almendras dulces	0,917	Sauce	0,585
Aceite de olivas	0,915	Cedro	0,561
Boj	0,912	Alamo blanco	0,529
Potasio	0,898	Corcho	0,240

184. Areómetros. El gravímetro nos ha servido para encontrar la densidad de los líquidos (181), y es evidente que se sumerjirá menos en uno mas denso que en otro que no lo sea tanto; segun esto, si tenemos señalado en el gravímetro hasta dónde debe sumerjirse para que un líquido ó una disolucion tenga la densidad que corresponde á cierto valor ó á cierta cantidad de cuerpo disuelto, podremos conocer si en efecto tiene este valor ó esta cantidad, ó si le falta ó sobra, con solo introducir el gravímetro y ver hasta dónde se sumerje. Empleado para el objeto indicado el gravímetro toma el nombre general de *areómetro*, y los particulares de *pesa-sales*, *pesa-ácidos*, *pesa-licores* y otros varios. Resulta de lo dicho, que en los gravímetros el volúmen sumerjido es siempre el mismo; y el peso del aparato variable; pero cuando se emplea como areómetro el peso del aparato es el que no varia, siendo el volúmen sumerjido el variable. La forma del areómetro tampoco es exactamente la del gravímetro: se compone (*fig.* 95) de un tubo *A* bien cilíndrico por la parte esterior, y en el cual se pone la escala; este tubo va unido á otro mas grueso *B*, que tambien puede ser de forma esférica ú otra cualquiera, y termina en un recipiente *C*, que contiene perdigones ó mercurio como lastre para que el aparato quede vertical y se sumerja en los líquidos hasta el punto conveniente. Preparado así el aparato hay que graduarle, y se concibe que esta graduacion será diferente para cada líquido, y que se podrá hacer arbitraria, pero en la ciencia y en el comercio se han adoptado algunas graduaciones que vamos á dar á conocer.


Fig. 95.



185. Areómetro de Beaumé. El areómetro con la escala de Beaumé es para líquidos mas densos que el agua, y tambien para menos densos, pero no se construye cada aparato que pueda servir en los dos casos, pues sería dema-

siado largo y fácil de romper. El que ha de servir para líquidos mas densos que el agua se lastra de modo que sumerjido en agua destilada á 4° de calor, se introduzca hasta la parte superior del tubo *A* donde se pone 0; despues se introduce en una disolucion de 85 partes en peso de agua destilada y 15 de sal comun (cloruro de sodio); en el punto que marque sumerjido en esta disolucion se ponen 15 grados, se divide el intérvalo desde esta division al 0 en 15 partes iguales, y se prolonga la escala hasta la parte inferior del tubo *A*. Esta escala se emplea para sales, jarabes y ácidos. La que ha de servir para líquidos menos densos que el agua se forma haciendo una disolucion de 90 partes en peso de agua destilada y 10 partes de sal comun, y el aparato se lastra para que sumerjido en esta disolucion se introduzca hasta el principio del tubo *A* en su parte inferior; despues se sumerje en agua destilada y en el punto que marca se ponen 10 grados; se divide el intérvalo entre el 0 y el 10 en este número de partes iguales, y se continua la escala por la parte superior hasta el fin del tubo: así graduado se emplea como pesa-licores ó pesa-alcoholes. Las graduaciones del areómetro de Beaumé son muy usadas, y á ellas se refieren las densidades de los líquidos en muchos casos: en estas graduaciones marca el ácido sulfúrico concentrado 66 grados, el nítrico 54, el alcohol absoluto 45 y el del comercio 35, el aguardiente de 20 á 25, y el eter 70.

186. Areómetro de Cartier. El areómetro pesa-licor de Cartier se gradua como el pesa-licor de Beaumé (185), y en donde marca 22 grados se pone 0; despues se toma una estension de 16 grados sobre los 22, y esta estension se divide en 15 partes iguales, continuando la escala por encima y por debajo del 0: cada una de estas partes será un grado de Cartier.

187. Alcohómetro de Gay-Lussac. El alcohómetro de Gay-Lussac es para alcoholes mas ó menos concentrados, es decir, para espíritu de vino y aguardiente. Se gradua introduciendo el aparato en alcohol absoluto, y lastrándole de modo que se introduzca hasta la parte superior del tubo *A* (*fig.* 95), poniendo 100 grados en el punto que marque; despues se hacen mezclas de 95 volúmenes de alcohol con 5 de agua, de 90 con 10, de 85 con 15, y sucesivamente hasta llegar al agua pura, en que se pone 0: habiendo marcado todos los puntos dados por las diferentes mezclas, y subdividiendo cada una de estas partes en 5 iguales, se tiene graduado el aparato, y con él se sabe la cantidad de alcohol que contiene en volúmen una mezcla de este líquido y agua, pues si suponemos que marca 60 grados, indicará que en 100 volúmenes de líquido, 100 cuartillos por ejemplo, tenemos 60 de alcohol absoluto. Hay una causa de error, que consiste en el grado de calor que tenga el líquido, pues cuanto mas caliente esté marcará un número menor; pero Gay-Lussac ha formado tablas de correccion que acompañan á los aparatos.

188. Pesa-sales. Se hacen areómetros pesa-sales, formando la graduacion como en los alcohómetros de Gay-Lussac (187), pero lastrados de modo que en agua destilada se sumerjan hasta la parte superior del tubo *A* (*fig.* 95), que dará el punto 0; despues se hacen disoluciones de la sal que haya de ensayarse, poniendo 95 partes en peso de agua con 5 de sal, y aumentando esta dé 5 en 5 partes y disminuyendo el agua hasta saturacion, es decir, hasta que no pueda disolver mas sal: estas divisiones se subdividen despues en 5 partes iguales; pero los aparatos asi construidos sirven solo para la sal con que se han graduado, pues las disoluciones de otras diferentes tienen distinta densidad. Los areómetros no pueden marcar mas

que densidades, y por tanto si se trata de averiguar el valor comercial de una disolucion que se supone contiene una sal y se ha añadido otra mas barata, no reconoceremos el fraude con el areómetro, y será necesario recurrir á otros medios para fijar el verdadero valor de la disolucion.

189. Diferentes areómetros. Se pueden graduar aparatos para toda especie de líquidos, y existen en efecto graduados; pero hay que tener presente que un mismo líquido puede marcar diferentes densidades sin estar por esto adulterado. Por ejemplo, se hacen aparatos llamados *galámetros* para graduar la cantidad de leche y agua que una mezcla puede tener; pero la leche que proviene de animales de la misma especie marcará diferentes densidades en cada uno, y aun el mismo no le dará igual de una vez á otra.

190. Peso específico determinado por el areómetro. Pueden graduarse los areómetros de manera que indiquen el peso específico de un líquido directamente; para esto es necesario escojer tubos perfectamente cilíndricos, con el objeto de que las divisiones presenten en igual altura el mismo volumen. Para líquidos mas densos que el agua se lastra el aparato de modo que sumerjido en ella se introduzca hasta la parte superior del tubo, marcando 100 partes en este punto; despues se prepara un líquido cuyo peso específico se haya determinado por alguno de los métodos esplicados; si el líquido es mas denso que el agua, el aparato se introducirá menos en él. Supongamos que su peso específico sea doble; sumerjido el areómetro pondremos la indicacion, no de la densidad sino de la parte introducida, es decir, que marcaremos 50, mitad de 100 que se puso en el agua; despues se divide la estension entre estos dos puntos en tantas partes como se hayan marcado, 50 en el caso presente, y se sigue la division subdividiendo las partes marcadas en otras 10 ó por lo menos en 5. Graduado el aparato de este modo nos da el peso específico de un líquido, introduciéndole en él y viendo el número que marca: este número es el volumen de líquido que pesa lo mismo que el volumen 100 de agua; y como á menos volumen corresponde mas densidad, tendremos que dividir el peso del agua por el del líquido para que esta razon sea inversa, y así el cociente será el peso específico buscado: por ejemplo, si sumerjido el areómetro en ácido clorhídrico marca 80,2, el peso específico de este será 100 dividido por 80,2, igual á 1,24. Para graduar el aparato cuando ha de servir para líquidos menos densos que el agua, se lastra de manera que se sumerja en esta solo hasta la parte inferior del tubo de graduacion marcando 100 en este punto; despues se puede introducir en otro líquido cuyo peso específico nos sea conocido, y graduar como anteriormente. Puede graduarse tambien de otro modo mas facil en este caso, y es averiguando el peso del aparato, y añadiéndole una porcion de su peso, marcando el número correspondiente á ella: por ejemplo, el aparato pesa 50 gramos; introduzcámosle en el agua añadiéndole una porcion de su peso, supongamos la 5.ª, ó 10 gramos, el mayor peso le hará sumerjir en mayor cantidad, y marcaremos el punto hasta donde se ha sumerjido. Como el aparato se introducirá hasta el mismo punto, aumentando su peso ó disminuyendo la densidad del líquido en la misma razon, tendremos que un peso de un quinto mayor produce el efecto de un líquido que tenga una densidad de un quinto menor, de modo que se pondrá en el punto marcado por el mayor peso $^1/_5$ de 100 sobre este número, ó sea 120 para que señale, como antes hemos dicho, el volumen y no la den-

sidad. La escala se continua hácia la parte superior, y el cociente de 100 por el número que marque el aparato sumerjido en un líquido nos dará el peso específico de este.

191. Densímetros. Se construyen aparatos como los que acabamos de esplicar (190) llamados *densímetros*, que se componen de varios areómetros, dispuestos de manera que en los grados que concluye la division del uno empiece la del otro, y con este aparato se encuentra cómodamente el peso específico de todos los líquidos mas y menos densos que el agua.

192. Densímetro de Rousseau. Rousseau ha ideado un aparato densímetro (*fig.* 96), para averiguar el peso específico de un líquido cuando solo se tiene de él una pequeña cantidad. Este densímetro es de la misma forma que los

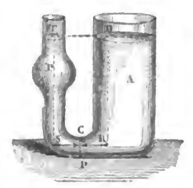
Fig. 96.

areómetros, pero tiene en su parte superior un pequeño recipiente *A;* se lastra de manera que en agua destilada á 4° de calor se introduzca hasta la parte inferior de la varilla de escala, poniendo 0 en el punto que marque; despues se pone 1 gramo de agua en el recipiente *A* y se marca hasta dónde llega en este, como tambien el punto hasta donde se sumerje el aparato, en el que se pone 20, dividiendo el intérvalo hasta 0 en 20 partes iguales, y siguiendo despues la escala. Resulta de lo dicho, que cada division sumerjida de la escala equivale á un aumento de peso en el recipiente *A* de $^1/_{20}$ de gramo, ó sea de $0^g,05$. Supongamos que se pone un líquido en *A* que le llene hasta el punto que se marcó en él, y que el aparato se introduce hasta la division 25; si cada division sumerjida equivale á $0^g,05$ de peso añadido, las 25 darán para el líquido un peso de $0,05 \times 25 = 1^g,25$: como el volumen del agua y el del líquido son iguales, puesto que los dos son la cantidad contenida en el recipiente *A* hasta la misma señal, y los pesos de estos volúmenes iguales son 1 gramo el del agua y $1^g,25$ el del líquido, resultará el peso específico de este 1,25, dividido por 1=1,25; es decir, que multiplicando 0,05 por el número que marque la escala, se tiene el peso específico buscado.

193. Equilibrio de los líquidos en vasos comunicantes. Si dos vasos de forma cualquiera están en comunicacion, colocando líquido en ellos se encontrará en el mismo plano horizontal la superficie superior de este en los dos vasos. Supongamos que sean estos el *A* y *B* (*fig.* 97), y consideremos una capa *CP* líquida en la parte que los pone en comunicacion; esta debe sufrir dos presiones iguales *RO* y *SO* para estar en equilibrio, y como la presion sobre una porcion de pared lateral es su estension por la altura del líquido sobre su centro de gravedad (164), sea cualquiera la forma del vaso, resulta que la presion *RO* será la superficie *CP* por la altura *RD*, y la presion *SO* será *CP* por *SF:* como estos productos han de ser iguales y *CP* es la misma estension en los dos, *DR* y *SF* tendrán que ser iguales.



Fig. 97.



194. Conduccion de aguas. La propiedad de encontrarse los líquidos á la misma altura en vasos comunicantes da lugar á importantes aplicaciones; por

ella se puede hacer llegar un líquido desde un punto á otro de igual altura, como sucede en las conducciones de aguas para el surtido de las poblaciones: tomadas estas de un rio ú otro depósito y conducidas por medio de un tubo, llegarán á la misma altura en el estremo de este, sea cualquiera su longitud. Supongamos en efecto un rio, de donde se ha de tomar el agua para conducirla á otro punto á igual altura ó mas bajo: cuando en el tránsito ha de pasar el agua por sitios á la misma altura que el depósito, puede hacerse marchar por canales abiertos y con una ligera inclinacion para que corra; pero si tiene que pasar por puntos mas bajos se colocan tubos cerrados, que siguiendo la figura del terreno tomen el agua en un estremo para darla á la misma altura en el otro; tambien puede en este caso hacerse un puente acueducto, esto es, un canal elevado sobre el terreno, que conduzca el agua sin que pierda su altura. En estas conducciones de agua, cuando son tubos cerrados y es mucha la estension se colocan tubos verticales comunicando con el conducto, los cuales forman, revestidos de fábrica, lo que se llaman *arcas de agua;* estos tubos, que deben tener la altura del depósito, sirven para indicar en qué parte se encuentra obstruido el conducto en el caso de que el agua no llegue al punto donde debe recibirse, pues registrando las arcas y viendo que llega á la una y no á la siguiente, se sabe que entre las dos está el atasco. Sirven tambien para que por ellas salga el aire que puede acumularse en el conducto y no dejar paso al agua, y tambien pueden emplearse para dar salida á esta si el depósito se eleva por cualquier causa, evitando así el que aumente la presion en los tubos con la mayor altura, lo que puede producir su ruptura; además el agua se derrama por una arca cuando se cierra parte del conducto; y en fin pueden tambien servir como depósitos de distribucion ó de medida.

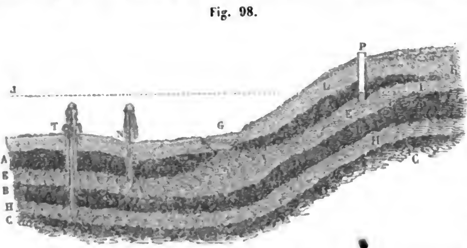
195. Canales y acequias de riego. Los *canales* y *acequias* de riego, tan importantes en la agricultura, se forman haciendo correr las aguas que se toman de un rio por canales mas elevados que los terrenos, y de este modo, abriendo pequeñas compuertas ó salidas, el agua riega todos los terrenos mas bajos que los canales: esto se puede hacer en los sitios en que el rio se encuentra en algun punto, mas elevado que los terrenos, pues desde este punto parten los canales ó acequias que siguen con una ligera inclinacion para que el agua corra, pero siempre mas altas que el terreno que han de regar ó á donde ha de llegar el agua. Pueden elevarse en muchos casos las aguas de los rios hasta una altura mayor que la natural, formando *presas*, que son unos muros resistentes construidos desde el fondo del rio, al que atraviesan en toda su estension y suben hasta una cierta altura fuera de las aguas, las cuales se van acumulando contra la presa y van subiendo hasta derramarse por encima de ella, formando un depósito tan elevado como la misma presa, y del que pueden partir los canales que las llevarán con la misma elevacion para el surtido de un pueblo mas bajo, para riego de terrenos que estén menos elevados, ó para formar una caida que ponga en movimiento alguna máquina que trasmita la fuerza de esta caida. Pero al formar una presa es necesario ver si la elevacion que produce en las aguas antes de ella puede ser causa de que se estiendan fuera del cauce del rio y resulten inundados los terrenos adyacentes. Para ello habrá que tirar una línea horizontal desde el punto de mayor altura del agua sobre la presa hasta que encuentre á la superficie natural del rio; si las riberas que forman el cauce desde este punto hasta la presa están mas elevadas que la horizontal, el rio no

se desbordará, pero si están muy bajas, no se podrá construir la presa si no se eleva el cauce por ambas orillas mas que la dicha horizontal. Valencia, Aragon y otras provincias de España deben su riqueza agrícola á las acequias y canales que riegan su suelo; y es muy estraño que no se haya estudiado el de las demás, y planteado en varias de ellas sistemas de riego tan bien entendidos como lo están en las que hemos citado, para hacerlas tan productivas como estas.

196. Desecacion de pantanos. En ciertos terrenos se acumulan las aguas de lluvia ó de manantiales, formando unas veces lagos, y otras haciendo pantanosos y mal sanos estos terrenos. Como la acumulacion resulta de que las aguas no pueden salir por estar mas elevados los terrenos de alrededor y no ser el suelo bastante poroso para filtrarlas, es evidente que la desecacion se hará practicando canales ó conductos desde la parte mas baja de este suelo, para que las aguas vayan saliendo á otro punto desde donde pueden correr sin obstáculo; así se hacen sanos y productivos muchos terrenos que no los son. Pero á veces estas obras son muy costosas, y no pueden practicarse sino venciendo grandes dificultades.

197. Conductos naturales de aguas. Pozos artesianos. Las conducciones de aguas se producen naturalmente en algunos terrenos. Si suponemos uno formado (*fig.* 98) de capas alternadas de arena ú otro cuerpo que deje paso al agua como las *E* y *H*, y de arcilla que no la dejen pasar como *A*, *B* y *C*, el agua de un depósito cualquiera que supondremos en *R* á la altura de la línea *L*, y que podrá ser solo formado con la que filtra por la lluvia, correrá en estas capas produciendo verdaderas corrientes. Si en *P* se abre

Fig. 98.



un pozo que corte la capa arcillosa *A*, el agua, subiendo á la altura *L*, producirá en él un depósito siempre á igual altura, y esto se llama vulgarmente *agua de pie*. Si esta capa se interrumpe naturalmente en *G*, el agua saldrá á la superficie produciendo un *manantial*. Si en *N* se taladra el terreno hasta la capa permeable *E*, el agua saldrá á buscar la altura del depósito, y tendremos lo que se llama un *pozo artesiano*. Si como en *T* se hiciera un taladro hasta la capa *E* por donde saliera el agua de ella y se colocara un tubo en su centro que llegara hasta la capa *H*, daria salida al agua de esta capa y se tendria en la parte superior el agua de las dos *E* y *H*. Así se forman los pozos artesianos, tan útiles, sobre todo en los paises escasos de agua, siendo necesario á veces atravesar muchas capas duras é impermeables hasta llegar á encontrar la que contiene el agua; pero es preciso circunstancias muy particulares en el terreno. Aun cuando exista el depósito á mayor altura que la del punto donde se hace el taladro, que es la condicion indispensable, si no existen estas capas alternadas el agua filtrará por toda la masa, y no producirá los conductos que han de formar la comunicacion del depósito con el punto de salida. Pueden tambien las aguas tomar otra direccion que la del sitio donde se buscan, ó en-

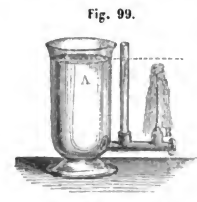
contrarse, pero no tener el depósito bastante altura para hacerlas salir hasta la superficie del suelo; en fin, podrá suceder que despues de taladrar hasta una profundidad cualquiera no se logre encontrar las aguas, porque su corriente pase á mayor profundidad, acaso de solo algunas pocas varas, pero que sin embargo el trabajo habrá sido inutil. Todas estas y otras causas que pudiéramos indicar, hacen muy aventurados los trabajos de un pozo artesiano, sobre todo si no está muy bien estudiado el terreno en donde se trata de formar, ó no existen otros pozos que den á conocer la posicion favorable del punto elejido. En Francia, en la antigua provincia de Artois, existen bastantes pozos, y es donde parece que se hicieron los primeros de los tiempos modernos, por lo que se les da el nombre de artesianos, tomado del de la provincia; pero se cree existian pozos de esta clase en tiempos muy antiguos. Un pozo artesiano de los mas notables es el de Grenelle, en Paris, que fue empezado en **1834** y concluido en **1841**: su profundidad es de **548** metros (**655** varas), y puede hacer salir el agua á una altura sobre el suelo de mas de **33** metros (**40** varas); la cantidad de agua que produce es **3.000** litros por minuto (unas **1.500** azumbres) á un calor de **27** grados algo mas; el diámetro superior del taladro es de **50** centímetros (**1** pie y **9** $^1/_2$ pulgadas) y el inferior **17** centímetros (unas **7** pulgadas). La profundidad de que hemos dicho sale el agua es mayor que la del mar en las costas del canal de la Mancha; ha costado mas de **500.000** francos: los taladros tienen tubos de hierro galvanizado en su interior, pues de lo contrario se cegarian pronto, y tambien el agua al salir se perderia por las capas permeables que encontrara al subir. En Tours existen varios, y entre ellos uno que tiene **140** metros de profundidad y da el agua con un calor de **17** grados en cantidad de **1.100** litros por minuto, siendo notable este pozo porque su agua produce el movimiento de una rueda de **7** metros de diámetro, que es motor de todas las máquinas en una fábrica de sedería. Cerca de Perpiñan existe otro pozo que produce **2.000** litros por minuto. La cantidad de agua es variable en algunos, y se ha notado en mas de uno que influye en esta cantidad la altura de las mareas. En otros pozos se han aprovechado las aguas de diferentes capas, como se ha indicado en *T* (*fig.* 98), subiendo de la mas profunda por un tubo, y de las siguientes por el espacio anular que forman otros mas anchos que envuelven á los de menos diámetro. Estudiados algunos terrenos han dado hasta **7** capas de agua á menos profundidad que **350** metros. En Madrid se han hecho ensayos para la construccion de pozos artesianos en las inmediaciones de la plaza de toros, en el campo del Moro, Atocha, plaza del Rey y calle de Espoz y Mina; pero todos se han abandonado sin producir resultados.

198. Pozos absorbentes. Se han hecho en algunos casos pozos como los artesianos pero con un objeto enteramente opuesto, pues el barreno se ha hecho para llegar á una capa permeable por donde pueden perderse las aguas de la superficie de que es necesario desembarazarse; á estos pozos se les ha dado el nombre de *absorbentes*. Existen en muchas minas, y tambien en las inmediaciones de París, en el muladar de Bondy, en donde sirven para hacer perder por dia **100** metros cúbicos de aguas inmundas. Es notable entre los pozos artesianos el que existe en el pueblo de Saint-Denis, inmediato á París; un tubo hace subir el agua desde una capa bastante profunda; otro tubo de mayor diámetro, concéntrico al primero, da salida al agua de otra capa menos profunda por el espacio anular que queda entre los dos; y finalmente, otro tercer tubo de mayor diámetro, y concéntrico á los anteriores, deja

paso por el espacio anular que forma con el segundo á toda el agua sobrante hasta perderse en una capa permeable menos profunda que las anteriores; de modo que es un pozo artesiano de dos tubos, y absorbente al mismo tiempo.

199. Surtidores. Si un vaso ó depósito *A* (*fig.* 99) comunica con un tubo de suficiente longitud, llegará el agua en este á la misma altura que tiene en el depósito (193); pero si el tubo es corto, como el *B*, saldrá el líquido para llegar á la altura á donde llegaría si fuera largo el tubo, produciendo lo que se llama un surtidor. sin embargo, la altura de un surtidor no será nunca la del depósito, porque hay varias causas que se oponen á ello: una será la resistencia del aire, que es una fuerza que disminuye la velocidad del líquido; otra el frotamiento de este líquido contra las paredes del tubo que le conduce y le da salida, frotamiento que disminuye tambien la velocidad; finalmente, el choque del agua que cae con la que sube, se opone tambien al movimiento. Segun esto, las condiciones para que el surtidor se eleve á la mayor altura posible serán: pequeño diámetro de salida con respecto al del tubo de conduccion; la abertura practicada en pared delgada para evitar frotamiento; y una pequeña inclinacion en el surtidor para que no choque el agua que cae con la que se eleva. En fontanería hay algunas reglas prácticas para saber la altura que debe tener el depósito que produzca un surtidor dado, y una es suponer la altura en pies y dividirla por 5, el cociente se multiplica por sí mismo y son pulgadas, que partiendo por 12 darán los pies que deben añadirse á la altura del surtidor para tener la del depósito: por ejemplo, si el surtidor ha de tener 20 pies, será 20 dividido por $5=4$; este número multiplicado por sí mismo es $4\times4=16$ pulgadas, que reducidas á pies dan 1 pie 4 pulgadas; añadiendo esta cantidad á los 20 pies, resulta que el depósito que produzca un surtidor de 20 pies deberá tener $20^{p}+1^{p}\ 4^{pul}=21^{p}\ 4^{pul}$. Otra regla es añadir á la altura del surtidor el producto de multiplicarla por sí misma, y la suma partirla por 300; el cociente es la cantidad que se ha de añadir al surtidor; por ejemplo, si este es de 20 pies, será el cálculo $20+20\times20=420$ que dividido por 300 dan $1^{2}/_{5}$, y añadido á los 20 dan 21 pies $^{2}/_{5}$ ó 21 pies 5 pulgadas escasas. Estos cálculos pueden servir para surtidores que salen por orificios practicados en pared delgada; pero si tienen tubos adicionales en la salida puede disminuir la altura del surtidor hasta una tercera parte de la del depósito, saliendo además el agua dividida. El tubo cilíndrico es el que hará disminuir mas, pero el cónico, ancho de arriba, la disminuirá lo menos $^{1}/_{5}$. El surtidor como vena fluida que sale de un vaso será estudiado mas adelante.

Fig. 99.



200. Líquidos de diferentes densidades en vasos comunicantes. Cuando se colocan líquidos de diferentes densidades en dos tubos comunicantes la altura no será igual en ellos, sino inversamente proporcional á las densidades de los líquidos, pues debiendo sufrir la capa *CP* (*fig.* 97) presiones iguales por los dos lados, una columna cuya base sea esta capa y la altura la del líquido, no pesará sobre ella lo mismo que otra de igual volumen, pero de un líquido menos denso; por lo tanto, esta deberá aumentar en volumen para tener el mismo peso que la otra; y como la base es invariable, la altura será la que debe hacerse mayor. Si, por ejemplo, el líquido es de una densidad mitad que la del otro,

su peso será la mitad para columnas iguales, de modo que habrá que poner doble la mas ligera para que haya equilibrio. Colocando en un tubo encorvado *BA* (*figura* 100) una porcion de mercurio, subirá en las dos ramas hasta la misma altura, y si echamos agua en la rama *A* el mercurio se elevará en *B*, pero solo una cantidad inversamente proporcional á su densidad con respecto á la del agua, es decir, á una altura $13^1/_2$ veces menor próximamente, pues este es el peso especifico de mercurio (183). Así tambien podria encontrarse el peso especifico de los líquidos, y será otro método que podremos añadir á los esplicados (177).

Fig. 100.

201. Hasta ahora hemos considerado los líquidos en reposo, que es la parte de su estudio que toma el nombre de *Hidrostática;* vamos á considerarlos en movimiento, que es la parte llamada *Hidrodinámica.*

202. Salida de los líquidos. Cuando un líquido sale por un orificio practicado en un vaso, las moléculas bajan verticalmente hasta cierta distancia, desde la cual se dirijen hácia el orificio, y la superficie del líquido se deprime encima de este, de una manera mas pronunciada á medida que disminuye la altura del liquido en el vaso. La velocidad de salida, ó la cantidad de líquido que sale, depende de la altura que este tiene sobre el orificio, pues la presion será mayor cuanto mas líquido haya para comprimir.

203. Vena líquida. El liquido que sale por un orificio produce lo que se llama la *vena liquida*, que será recta y vertical si este se ha practicado en el fondo del vaso; tambien lo será cuando esté en la parte superior, saliendo el liquido en surtidor: y en el caso de estar la salida practicada en una pared lateral formará una curva que sería parábola sin la resistencia del aire, pues la gravedad y la fuerza que produce la salida se componen para formar la curva. Suponiendo practicado el orificio en pared delgada, esto es, sin tubo ni conducto para su salida, la vena presenta una parte perfectamente unida, en la que parece que el líquido está sin movimiento, y produce el efecto á la vista de una barra sólida que va adelgazando á medida que se aleja del vaso, de modo que á una cierta distancia de este solo conserva la vena una seccion próximamente de los dos tercios de la que tenia al salir. Esta *contraccion* de la vena se manifiesta hasta bastante distancia del orificio cuando se halla practicado en el fondo del vaso, llegando hasta el punto donde termina la parte tranquila de ella, pero si está practicado en pared inclinada, la contraccion termina á menor distancia, y cuando es en pared vertical, termina á una distancia próximamente igual al diámetro del orificio; si todavía se va elevando mas, alejándose de la posicion horizontal, cuando llega á formar con esta posicion un ángulo de 25°, cesa la contraccion; en el caso que forme un ángulo de 45 á 50° aumenta de diámetro desde la salida, continuando el aumento hasta el surtidor vertical, en donde es el mayor. Cuando se calcula la cantidad de líquido que sale de un recipiente ha de tenerse en cuenta esta contraccion, pues todo el liquido que sale pasa por la seccion menor de la vena contraida, y por tanto será esta seccion la que se tomará para el cálculo, y no la del orificio. La parte unida de la vena ha visto Savart, valiéndose de medios particulares, que está compuesta de

una porcion de anillos que forman una superficie escabrosa y no lisa, atribuyéndose este fenómeno á las vibraciones que produce la salida en el borde del orificio. Despues de esta parte unida, la vena se ensancha y vuelve á contraer diferentes veces, y observada esta porcion, ha encontrado el mismo físico que no es unida, y que está formada por unas gotas que prolongadas primero en sentido vertical, se van ensanchando hasta que forman una figura prolongada horizontalmente, volviendo despues á alargarse, y como la simple vista no puede distinguir estas gotas separadas, aparece la vena unida, pero ensanchada y disminuida en diferentes puntos: mas adelante las gotas se separan enteramente y marchan diseminadas sin ningun orden hasta el depósito que las recibe. La *figura* **101** representa la vena como es en realidad segun las observaciones de Savart: hasta *A* es la parte unida que se va contrayendo y está formada de anillos; despues se separa en gotas que se van ensanchando hasta *B*, donde empiezan de nuevo á prolongarse hasta llegar á *C*, en donde vuelven á ensanchar para seguir del mismo modo varias veces; pero nada de esto es perceptible sin medios particulares como los empleados por Savart, que no podemos indicar en este sitio: así nos parece la vena perfectamente unida. La estructura que hemos visto es de todas las venas, ya sean verticales ó inclinadas, con la diferencia dicha antes respecto á la parte unida; siendo la misma tambien para una forma cualquiera del orificio de salida.

Fig. 101.

A

B

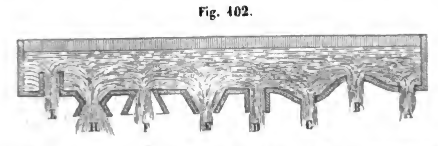
C

204. Cálculo del gasto de un orificio. Para calcular la cantidad de agua que sale por un orificio, ó sea *el gasto*, hemos de tener presente que segun las observaciones de Torricelli, comprobadas despues, un líquido al salir por un orificio tiene la misma velocidad que tendria un cuerpo que cayera desde la superficie del líquido al llegar al centro del orificio. Además, el gasto depende tambien de la seccion, porque si por una de cierta estension sale la cantidad de líquido correspondiente á la velocidad que tenga este, por una estension doble saldrá teóricamente doble cantidad de líquido con la misma velocidad, pues equivale á dos orificios separados: por tanto, para saber la cantidad que sale de un liquido, es necesario multiplicar la superficie del orificio por la velocidad calculada como la de un sólido que cayera desde la parte superior del líquido hasta el centro de la salida; y como hemos visto que la vena se contrae (**203**), suponiendo esta contraccion el tercio de la seccion total, habrá que tomar los $^2/_3$ del gasto teórico, ó sea del producto dicho, para tener el gasto verdadero. Supongamos que se quiere saber la cantidad de agua que sale por un orificio de **1** pulgada cuadrada de superficie, con carga ó altura de líquido de **2** pies ó **24** pulgadas: primero es necesario calcular la velocidad que adquiere un cuerpo al caer desde una altura de **24** pulgadas, que es la supuesta hasta el centro de la salida; esta será (**121**) el duplo de la intensidad de la gravedad, la que en pies es en Madrid (**120**) **35**^{P}**,16902**, en pulgadas será **35,16902**$\times$**12**=**422,02824**, y el duplo **422,02824**$\times$**2**=**844,05647**; esta cantidad por la altura es **844,05648**$\times$**24**=**20257**, despreciando la fraccion, número que será la velocidad multiplicada por sí misma; y como **142,33**$\times$**142,33**= **20257,8289**, podremos tomar por velocidad el número **142,33**; multiplicando por la superficie de salida, que es **1** pulgada cuadrada, será **142,33**$\times$**1**=**142,33** pulga-

das cúbicas; pero hay que tomar $^2/_3$ de esta cantidad por la contraccion de la vena; luego $142,33 \times {}^2/_3 = 94,88$ pulgadas cúbicas es el gasto por segundo.

205. Diferentes formas del vaso. La cantidad del líquido que sale por un orificio no varía con la naturaleza del líquido, pero varía con la forma de la pared del vaso en que está practicada la salida; si es pared plana, como en *A* (*fig* 102), el gasto es mayor que si fuera curva con la convexidad hácia el líquido, como en *B*, y menor que si fuera la concavidad la que estuviera hácia este, como en *C*.

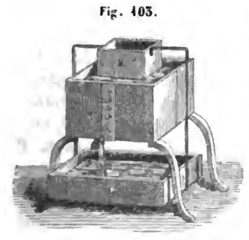
Fig. 102.



206. Tubos adicionales. La adicion de tubos en la salida hace tambien variar el gasto: si se pone uno cilíndrico *D* (*fig.* 102), que no esceda de 2 á 3 veces en longitud el diámetro del orificio, el gasto se aumenta hasta $^1/_3$, de modo que puede tomarse sin grande error el gasto teórico (204): si el tubo es cónico, estrechado hácia fuera como el *E*, el gasto aumenta mas; y si es cónico y ensanchado hácia afuera como el *F*, es mayor el aumento; de modo que dos conos opuestos como en *H* darian el gasto mayor posible, pudiendo llegar á ser cerca de vez y media la cantidad de agua que salga de la que sería sin tubo. Si este se encuentra colocado en el interior como en *L*, el gasto es menor que cuando no hay tubo como en *A*. Lo que dejamos dicho se verifica lo mismo en los orificios practicados en paredes que se encuentran en cualquiera posicion, y suponemos en todos los casos que el líquido sale unido á las paredes del tubo, como se figura en *H*, porque si no se une como en *F*, es evidente que el tubo no producirá ningun efecto: tambien se supone que la seccion menor de los tubos es igual en todos los casos.

207. Aparatos de nivel constante. Cuando un líquido sale del vaso que le contiene y no es reemplazado, la altura disminuye, y con ella la presion y velocidad del líquido al salir (202): puede sin embargo hacerse de varios modos que el nivel del líquido no varie y la presion sea constante. Lo mas sencillo será hacer entrar en el vaso una cantidad de líquido igual á la que sale, ó tenerle enteramente lleno y hacer entrar algo mas líquido que el que sale para que rebose y se conserve el vaso siempre completamente lleno. Otro medio es el inventado por Prony (*fig.* 103), que consiste en colocar en el vaso *A* donde está contenido el líquido un flotador *B*, que sostiene un recipiente *C* colocado en la parte inferior, el cual recibe el agua que sale de *A*; como esta hace aumentar el peso del recipiente *C*, el flotador *B* se sumerje mas en el líquido, y hace subir la superficie de este manteniéndola constantemente á la misma altura, pues el peso aumentado por el agua que sale ha de sumerjir el flotador hasta que desaloje un volumen de agua igual. Veremos mas adelante otros medios de obtener una presion constante sobre el orificio de salida.

Fig. 103.



208. Unidades de medida para el agua. Se emplean varias unidades para medir grandes cantidades de agua; una de ellas es la *pulgada de fontanero*, que es la cantidad de agua que sale por un orificio circular de una pulgada francesa de diámetro, equivalente á $13^{l},989$ españolas, ó $2^{cm},707$, con carga de 1 línea sobre el borde ó $1^{l},166$ española, que son $2^{mm},256$: da en 24 horas 881 pies cúbicos, 9600 azumbres ó $19365^{1}/_{2}$ litros. Otra medida es el *real de agua*, que es la cantidad que sale por un orificio igual al antiguo real de á ocho segoviano, cuyo diámetro es $6^{1}/_{2}$ líneas, ó $12^{mm},577$, la carga 1 línea sobre el borde ó $1^{mm},935$, y produce en 24 horas 149 pies cúbicos ó 1589 azumbres, que son 3206 litros. Estas cantidades no serán de una exactitud matemática, pues ya hemos visto que son varias las causas que pueden producir diferencia en el gasto de un orificio.

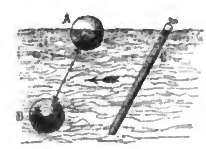
209. Salida desde tubos largos. Si los líquidos llegan á la salida conducidos por tubos largos, el gasto se hace menor aumentando la longitud del tubo, disminuyendo su diámetro ó haciéndole de mayor número de vueltas ó recodos, pues todo esto aumenta los frotamientos, que hacen menor la velocidad del líquido. No es posible reducir á fórmulas exactas el gasto en este caso, porque varia con las circunstancias particulares, pero existen sin embargo algunas que pueden dar aproximadamente el resultado. Si los tubos son muy delgados, se modifican mucho las leyes de su movimiento.

210. Choque de la vena. Cuando una vena líquida choca contra un cuerpo sólido, sigue por su superficie, envolviéndole á veces completamente; por ejemplo, si es una esfera y recibe la vena vertical, el líquido sale unido por el punto opuesto. Si el sólido es un disco, forma la vena una capa unida, mas ó menos curva segun la altura de que cae, la estension de la superficie y otras varias causas, pudiendo venir á reunirse en la parte inferior y formar una superficie cerrada. Si se chocan dos venas producen una capa perpendicular á su direccion, si son horizontales y de la misma fuerza; si las circunstancias son distintas, varía la capa formada.

Los surtidores, choque de venas y caida por cuerpos de diferentes formas y posiciones, la reaccion de salida y todas las demás propiedades de los líquidos, suelen utilizarse para producir juegos de aguas vistosos.

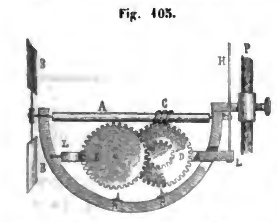
211. Velocidad en canales abiertos. En un canal abierto, la velocidad del agua no es uniforme en toda la masa; contra las paredes y el fondo está disminuida por el frotamiento, y en la superficie por la resistencia del aire, de modo que en el centro es la mayor velocidad: y para ver que esto es cierto, puede hacerse uso de un aparato (*figura* 104), compuesto de dos esferas huecas *A* y *B*, unidas por medio de un cordon mas ó menos largo: una de ellas se lastra de modo que se introduzca en la corriente y la otra se deja flotante; el aparato así formado toma una posicion inclinada con la vertical, que prueba la mayor velocidad de la esfera sumerjida. Puede hacerse el esperimento tambien con un tubo hueco *C*, formado de varios trozos; para que tenga la longitud que se quiera; lastrado de manera que se introduzca en el agua hasta cerca de uno de sus estremos, tomará la posicion inclinada que hará


Fig. 104.



ver, como en el caso anterior, la velocidad diferente de la superficie y del interior del líquido. Para medir la velocidad de la corriente en la superficie se colocan dos señales á distancia de algunas varas una de otra en la misma corriente si es posible, ó de lo contrario á la orilla; despues se echa á alguna distancia, mas arriba de la señal que se encuentra primero en direccion de la corriente, un pedazo de madera de pino ú otro cuerpo flotante lastrado para que se sumerja casi completamente, y de este modo no le opone resistencia el aire; cuando llegue á la primera señal habrá adquirido la velocidad de la corriente, y contando lo que tarda en recorrer la distancia entre las dos señales, cuya distancia se medirá exactamente, se tendrá la velocidad por segundo, dividiendo el camino andado por el número de segundos empleados en andarle. Tambien se hace uso de varios aparatos, ya para medir la velocidad en la superficie ó ya para la de distintas profundidades; el tubo de Pitot es uno de ellos, en el que se mide la velocidad por la cantidad de líquido que en él se eleva; el péndulo hidrométrico, el reómetro, y las ruedas de paletas á las que va unido un contador, son tambien aparatos destinados al mismo objeto, pero que producen mucho error: por esta causa describiremos solamente el *molinete* de Woltmann (*fig.* 105), que es el que da resultados mas exactos. Se compone de un eje *A* que lleva en uno de sus estremos 4 ó mas paletas inclinadas *B*; tiene además la rosca sin fin *C*, que engrana en una rueda dentada *D* numerada, la cual está sostenida en la pieza *L*, que puede subir y bajar por medio de una varilla *H*; en la misma pieza *L* se sujeta otra rueda *E*, tambien numerada, que engrana con un piñon de la rueda *D*: todo el aparato se introduce en el pie *P*, al que se sujeta por medio de un tornillo: bajando la pieza *L* no engrana la rueda *D* en la rosca *C* del eje, y las ruedas están enganchadas en dos salientes *R* para que no se muevan; introducido en este estado el aparato dentro de la corriente por medio del pie *P*, se mueven las paletas pero no las ruedas, hasta que introducido á la profundidad necesaria, se eleva la pieza *L* por medio de la varilla *H*; las ruedas engranan con el eje y empiezan á girar. Sabiendo las vueltas que da el eje cuando la rueda *H* haya dado una, y arreglando el piñon de modo que para cada vuelta de la rueda *D* no haga la *E* mas que una parte pequeña de vuelta, se podrá contar en un tiempo bastante largo cuántas han dado las paletas mirando las que han dado las ruedas, que se conocerán por los números que marquen. Este aparato se gradua viendo las vueltas que dan las paletas en una corriente de velocidad conocida. Ocurre con frecuencia tener que medir la velocidad media, y será facil encontrarla, midiendo la de la superficie, orillas y diferentes profundidades, y tomando una media entre todas, que será lo mas exacto; pero puede obtenerse aproximadamente, midiendo la de la superficie y deduciéndola de ella por la siguiente tabla, que se ha formado comparando los resultados de muchos esperimentos. Y si este método no es tan exacto como el anterior, podrá darnos la velocidad con la aproximacion necesaria en muchos casos.

Fig. 105.



VELOCIDAD EN LA SUPERFICIE.	VELOCIDAD MEDIA.
0,20 por segundo..........	....................0,15 por segundo.
0,46..........................	0,31
0,60..........................	0,47
0,80..........................	0,64
1..............................	0,81
1,20..........................	0,98
1,40..........................	1,16
1,60..........................	1,34
1,80..........................	1,52
2..............................	1,70
2,20..........................	1,88
2,40..........................	2,06
2,60..........................	2,25
2,80..........................	2,43
3..............................	2,62
3,20..........................	2,81
3,40..........................	3
3,60..........................	3,18
3,80..........................	3,37
4..............................	3,56

212. Cantidad de agua que pasa por un canal. Para averiguar la cantidad de agua que pasa por un punto dado de un canal ó rio, hay que buscar la seccion, lo que se hará sondeando en diferentes puntos de la línea perpendicular á la corriente; estas sondas fijarán la seccion, que se medirá exactamente, y multiplicada por la velocidad media dará la cantidad de agua que pasa. Un rio da lo menos por segundo 10 ó 12 metros cúbicos de agua, y si no llega, es solo un arroyo. El Sena en París da 130 metros cúbicos por segundo en su estado ordinario.

213. Líquidos como motores. Los líquidos se emplean como motores, ó sea para producir movimiento, obrando de diferentes maneras: unas veces por su peso, en las ruedas por encima y máquinas de columna de agua; otras por el choque, en ruedas de paletas; por el choque y peso, en ruedas por el lado; por trasmision de la fuerza viva, en las ruedas de Poncelet y ariete hidráulico; y por reaccion en las turbinas: pero el estudio de estas aplicaciones de los líquidos no pertenece á un tratado como el presente.

CAPITULO XIII.

CAPILARIDAD.

214. Fenómenos capilares. Cuando se introduce una placa A (*fig.* 106) de cualquier cuerpo dentro de un líquido que pueda mojarle, por ejemplo cristal

en agua, se observa que inmediato al cuerpo el líquido se eleva formando una superficie curva: si son dos placas paralelas *B*, el líquido se encuentra entre ellas á mayor altura que en el esterior, y la superficie superior forma un medio cilindro cóncavo; si es un tubo *C* de pequeño diámetro, el líquido se eleva en su interior, formando la superficie superior una mitad de esfera cóncava; si es un cuerpo de figura cualquiera, esférico por ejemplo, como el *D*, el líquido se eleva como en *A* al rededor de él. Estos fenómenos se producen en sentido contrario si el líquido no moja al sólido, por ejemplo, si es mercurio y cristal: introduciendo una placa *E* se observa el líquido deprimido contra el cuerpo, formando una superficie convexa. Si son dos láminas *F*, el líquido se encuentra entre ellas mas bajo que en el esterior, formando un semi-cilindro convexo. Si es un tubo *H* tambien está el líquido dentro de él mas bajo, formando en la superficie un hemisferio convexo: y finalmente, si es una esfera *L*, está el líquido deprimido al rededor de ella. Si se introducen verticalmente dentro de un líquido que las moje dos láminas formando ángulo como *A* (*fig.* 107), este líquido se elevará mas hácia la parte de su vértice, como es facil prever segun lo dicho antes, formando una curva de las llamadas hipérbolas, deprimiéndose del mismo modo si el líquido no moja al sólido. Poniendo entre dos láminas en ángulo una gota de líquido *B* (*fig.* 108) que las moje, se correrá este hácia la parte mas estrecha; y si no las moja, como *C*, correrá hácia la mas ancha. Si se colocan dos esferas flotantes *A* (*fig.* 109) sobre un líquido que las moje, se eleva este entre ellas cuando están próximas, haciéndolas reunir: lo mismo sucede si el líquido no moja las esferas *B*; pero si una se moja y otra no, como en *C*, las dos esferas se separan. Estos fenómenos, que se manifiestan mas marcados en los tubos de muy pequeño diámetro, toman el nombre de *fenómenos capilares*, y la fuerza que los produce se llama *capilaridad*.

Fig. 106.

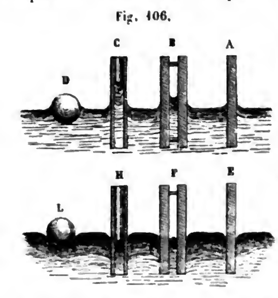


Fig. 107.

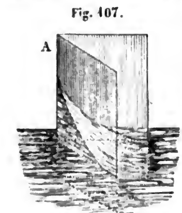
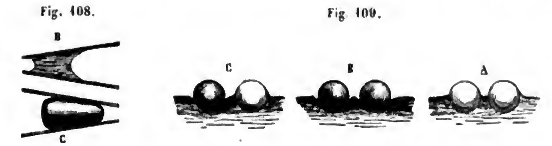


Fig. 108. Fig. 109.



215. Leyes de la capilaridad. Estudiados detenidamente los fenómenos capilares, han dado las leyes siguientes. 1.ª Las depresiones ó elevaciones son en razon inversa de los diámetros de los tubos ó de las distancias entre las placas. 2.ª En un tubo es doble que entre dos placas separadas una cantidad igual

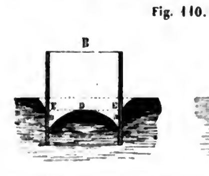
al diámetro del tubo. 3.ª Varia de un líquido á otro. 4.ª Disminuye con el mayor calor del líquido. 5.ª Es independiente de la naturaleza del sólido y de su grueso.

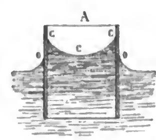
216. Depresion del mercurio en tubos. La depresion del mercurio en los tubos se ha encontrado ser la que marca la siguiente tabla, en que se indican las mayores y menores depresiones que han dado los varios observadores que las han medido.

DIAMETRO DEL TUBO EN MILIMETROS.	DEPRESION EN MILIMETROS. ENTRE LOS NUMEROS	
2...........	4,454 á	4,888
3...........	2,918	3,054
4...........	2,063	2,187
5...........	1,510	1,735
6...........	1,134	1,377
7...........	0,868	1,073
8.	0,669	0,820
9...........	0,517	0,608
10...........	0,402	0,445
11...........	0,270	0,354
12...........	0,200	0,281
13...........	0,170	0,223
14...........	0,144	0,176
15...........	0,111	0,137
16...........	0,087	0,107
17...........	0,068	0,083
18...........	0,053	0,064
19...........	0,041	0,049
20...........	0,031	0,038

217. Esplicacion de los fenómenos capilares. Es evidente que todos estos fenómenos son producidos por una atraccion ó repulsion entre las moléculas del sólido y líquido que las producen, y se esplican facilmente: si es una placa introducida en líquido que la moje, las moléculas de este atraidas por las del sólido se elevan contra el último hasta que la atraccion sea equilibrada por la del resto del líquido y por la gravedad; y si es en uno que no moja al sólido, la repulsion produce el efecto contrario. Cuando son dos placas ó un tubo, el líquido se elevará si moja al sólido: en efecto, supongamos un tubo *A* (*fig.* 110) de un cuerpo que se moje; la atraccion entre las moléculas de uno y otro cuerpo hace elevar las del líquido inmediatas al sólido, y forman lo que se llama el *menisco*, dándose este nombre á *la porcion de liquido comprendido entre su superficie y el plano horizontal que pase por el punto mas bajo de esta superficie*. En la figura *A* será el

Fig. 110.





comprendido entre la superficie *C* y el plano *O*. Todas las moléculas del menisco se encuentran sostenidas por la atraccion del sólido y no pesan sobre el líquido, pero ejercen su fuerza de atraccion sobre las del que tienen inmediato, y por tanto tienden á elevarle, de modo que no hay equilibrio entre la columna del tubo y la presion en el esterior, y para que le haya es necesario que la dicha columna se haga mas larga, supliendo con su mayor altura la falta de presion. Si el líquido no moja al tubo hay repulsion entre las moléculas de uno y otro, y el menisco es en tal caso ***la parte comprendida entre la superficie del liquido y el plano horizontal que pasa por su punto mas elevado***. En la figura *B* será el menisco la parte comprendida entre la superficie *D* y el plano *E:* las moléculas que deberian ocupar el lugar del menisco faltan, y por tanto no existe la atraccion que habria entre ellas y el resto del líquido, la cual tenderia á elevar á este; de modo que las moléculas en que falta la dicha atraccion pesan sobre las otras con mayor fuerza, y producen dentro del tubo una columna mas pesada que la que haria equilibrio á la presion esterior, resultando de aquí que esta columna interior se acorta, para compensar su mayor presion con su menor altura.

218. Efectos de la capilaridad. La capilaridad es la causa de varios fenómenos que observamos con frecuencia: un tubo delgado introducido en un líquido retiene al sacarle una porcion de este, mayor que la que se eleva en él, pues se forman dos meniscos opuestos; el mismo tubo no daria salida al líquido aunque fuera mas corto que la altura á que este se eleva por la capilaridad, pues en el estremo se forma un menisco convexo. Una aguja delgada de coser engrasada, puesta horizontalmente sobre el agua, puede flotar porque el agua no la moja; y varios insectos que andan sobre la superficie del agua no se sumerjen porque no se mojan sus patas: las mechas de los aparatos de alumbrado hacen subir el aceite y demás líquidos hasta donde arden, porque en este caso se forman tubos capilares entre las fibras de la mecha. Las maderas, azucar y otros cuerpos porosos elevan tambien los líquidos, porque sus poros forman los tubos capilares.

219. Endósmose: exósmose. Estas dos palabras, que significan ***corriente entrante*** y ***corriente saliente***, designan un fenómeno que se observa cuando dos líquidos de diferentes densidades se encuentran separados por un cuerpo delgado y poroso. Supongamos (*fig.* 111) el tubo *A* terminado en el recipiente *B*, tapado con un pedazo de vejiga ú otro cuerpo que sea poroso; pongamos en el interior del tubo y en el vaso dos líquidos de diferente densidad, agua azucarada, por ejemplo, en el tubo, y agua pura en el vaso; en cuanto la vejiga empieza á dejar paso á los líquidos se produce una corriente hácia el interior, que hace elevar el líquido del tubo hasta una grande altura, ó le llena completamente y se derrama si es de poca longitud, 4 á 5 decímetros. Si los líquidos se ponen al contrario, es decir, el mas denso fuera y el menos denso dentro del tubo, este último se sale; pero analizando el menos denso se encuentra que contiene algo del que lo es mas, es decir, que en el ejemplo propuesto encontraríamos azucar en el agua pura; luego hay tambien corriente desde el líquido mas denso al otro. No siempre se produce la corriente mayor hácia el de mas den-

Fig. 111.

sidad, pues el alcohol y el éter, que son mas lijeros que el agua (183), producen con esta una corriente hácia ellos, y los ácidos la producen en diferente direccion, segun están mezclados con mas ó menos agua. Tampoco todos los líquidos producen corrientes de la misma intensidad, pues en algunos casos apenas son sensibles, como sucede con las disoluciones jaletinosas, siendo el azucar y la albúmina los cuerpos que en disolucion las producen mayores. Además, para que haya endósmose es necesario que los líquidos sean de los que se pueden mezclar íntimamente: así entre el aceite y el agua no hay corriente, y la hay entre el alcohol y el agua. Es tambien condicion precisa para que el fenómeno se produzca, que el cuerpo que separa los líquidos se deje penetrar por uno de ellos á lo menos. Los inorgánicos son en general menos prontos en sus efectos, pero estos se producen por largo tiempo, al paso que en los orgánicos el fenómeno se produce pronto, pero dura menos, porque el cuerpo se altera. Finalmente, el efecto es mayor cuanto mas calientes están los líquidos. Muchas son las teorías inventadas para esplicar estos fenómenos, suponiéndolos efecto de atracciones moleculares, de simples mezclas por la diferente densidad, de corrientes eléctricas y de otras varias causas; pero ninguna da una esplicacion satisfactoria.

220. Endósmose entre los gases. Tambien hay endósmose entre los gases: cuando están separados por un cuerpo poroso, se mezclan si este cuerpo está seco, es decir, que en tal caso hay corriente igual de uno á otro gas; pero si el cuerpo que los separa está mojado, las corrientes no son iguales.

221. Absorcion. La capilaridad y el endósmose pueden esplicar muchos fenómenos, y entre ellos *la absorcion*. Algunos sólidos absorben los líquidos y los gases, por ejemplo, el carbon de encina absorbe una cantidad de gas que llega en el amoniaco á 90 veces su volumen. Los vejetales se alimentan por la absorcion, siendo esta mayor en los estremos de las raices, pero produciéndose tambien por las hojas y demás partes del vegetal: esta absorcion es efecto de la capilaridad y el endósmose, y la elevacion de la sávia hasta la parte mas elevada del vejetal hay que esplicarla por el endósmose producido en los tubos capilares del mismo; se ha dado color á los vejetales en toda su masa haciéndoles absorver líquidos coloreados con diferentes sustancias. Algunos frutos se desorganizan mojándose; ciertas frutas aguanosas, como uvas, guindas y ciruelas, mojadas por la lluvia revientan, porque el agua que moja su parte esterior penetra por endósmose en el interior, y el pellejo no puede resistir la presion producida por el aumento de volumen del líquido interior. Se puede hacer un esperimento que comprueba esta aplicacion: si un vaso lleno enteramente de líquido azucarado se cubre con una vejiga bien sujeta y se introduce en agua, esta entra en el interior y produce una presion que, si se pincha la vejiga, hace salir el líquido en forma de surtidor. Los animales absorben tambien por sus poros, y así lo prueba el efecto que producen ciertos medicamentos aplicados al esterior: en estos casos, aumenta la absorcion por el calor y la mayor fluidez del líquido, siendo tambien condicion precisa que pueda mojar la piel, para lo que es necesario á veces unirle con otro líquido que no produzca mas efecto que el de mojar y ser conductor del primero. Puede haber tambien absorcion por el contacto de sustancias sólidas, y por esta causa debe evitarse el manejar las que sean dañosas sin la precaucion de quitar el contacto directo con la piel.

CAPITULO XIV.

PROPIEDADES PARTICULARES DE LOS GASES.

222. Atmósfera. Atmósfera *es la capa de aire que rodea nuestro globo*, en la que todos los animales y objetos unidos á la superficie terrestre se encuentran sumerjidos, y que sigue con él los movimientos de rotacion y traslacion.

223. Aire. El aire, uno de los cuatro elementos de los antiguos, no es tal elemento, sino un cuerpo formado de dos gases llamados *oxigeno* y *azoe* ó *nitrógeno*, simplemente mezclados, y no en combinacion. Las cantidades de estos gases que se encuentran en cien partes de aire son:

	En peso.	En volúmen.
Oxígeno	23,01	20,80
Azoe	76,99	79,20
	100	100

El aire contiene tambien vapor de agua en mas ó menos cantidad, y algunas diezmilésimas en volumen de otro gas llamado *ácido carbónico*, producido por la respiracion, combustion y otras causas. El aire atmosférico es necesario para la respiracion, pues sin él no es posible la vida animal: coloquemos dentro de la campana de la máquina neumática un animal cualquiera, un pájaro por ejemplo, y estrayendo el aire le veremos perecer al instante; colocado dentro del gas azoe le sucedería lo mismo, y colocado en el oxígeno podria vivir; luego este último gas es el solo necesario á la vida. Sin embargo, un animal no podria existir por mucho tiempo en oxígeno puro, pues bien pronto se sofocaria, y sus pulmones se irritarian; de modo que el oxígeno es demasiado enérgico, y la naturaleza le ha diluido en otro gas enteramente inofensivo, que disminuye su actividad. El aire es necesario tambien para la combustion, pero lo mismo que para la respiracion, es solo el oxígeno el que la produce. En efecto, coloquemos una luz dentro de una campana de donde se estraiga el aire, ó dentro de azoe puro, y la veremos apagarse; pero coloquémosla en oxígeno y la veremos hacerse brillante aumentando su intensidad, y con solo poner un punto candente de la mecha de una bujia en el gas, la veremos encenderse en llama. Mas adelante nos ocuparemos de la combustion y de la vida animal. Tambien el aire, ó sea el oxígeno, es necesario para la vejetacion, pues una planta privada de él perece en un tiempo mas ó menos largo.

224. Presion de los gases en todas direcciones. El aire, lo mismo que todos los gases, en virtud de la fuerza que tiende á separar sus moléculas, que es la que los constituye en su estado gaseoso, ejercen una presion sobre las paredes de los vasos que los contienen, igual en todas direcciones.

225. Peso del aire. El aire es pesado, y para probarlo podemos emplear dos métodos. Supongamos un recipiente de paredes resistentes, ó que si no lo son

pueda resistir una presion sin dilatarse indefinidamente, por ejemplo una esfera de cristal con llave en su boca, ó una vejiga tambien con llave: llenemos cualquiera de estos recipientes de aire y pesémosle exactamente; introduciendo despues en él una nueva porcion de aire, lo que es facil por medio de un aparato que describiremos mas adelante, tendremos mas aire en igual volumen, y pesando otra vez, encontraremos un peso mayor. El otro método consiste en pesar lleno de aire un recipiente, que es indispensable sea de paredes resistentes; despues se le estrae este aire por medio de la máquina neumática, y cerrado con la llave que deberá tener en su boca, le pesaremos de nuevo y veremos el peso disminuido. Por este medio si conocemos el volumen del recipiente podremos saber cuánto pesa el aire, y así se ha encontrado que 1 metro cúbico en el estado de calor de cero grados, y comprimido con una fuerza igual á la del peso de una columna de mercurio de $0^{m},76$ de altura, ó sea 1 atmósfera (30), pesa $1^{k},2991$; ó lo que es lo mismo, que 1 litro pesa $1^{g},2991$. Estos números, de que tendremos que hacer uso en adelante, los tomaremos igual á 1,3 por mas sencillo y poco diferente, y tendremos, segun él, que 1 vara cúbica de aire en las condiciones dichas pesa $1^{lb},66$, y 1 pie cúbico $0^{on},984$. Comparando la densidad del aire con la del agua, se encuentra que 1 litro de agua pesa 1 kil. ó 1000 gramos, y 1 litro de aire pesa $1^{g},3$; luego el peso específico del aire es 1,3 dividido por 1000=0,0013 (171); pero este número es 769 veces menor que la unidad, luego el aire es 769 veces mas ligero que el agua.

226. Presion de la atmósfera. Puesto que el aire pesa (225), las capas inferiores estarán comprimidas por el peso de las superiores, y todos los cuerpos sumerjidos en la atmósfera sufrirán tambien esta presion, que podria ser despreciable, cuando la altura fuera pequeña, por el poco peso del aire, pero que es considerable cuando esta altura es la de toda la atmósfera. Varios son los esperimentos que pueden probarnos que esta presion existe: la lluvia de mercurio (71, *figura* 44) es una prueba de la presion ejercida por la atmósfera sobre el mercurio, pues ella es la que hace atravesar el líquido por los poros del sólido. En todos los esperimentos en que es necesario estraer el aire de una campana por medio de la máquina neumática, se adhiere esta campana de tal manera al soporte en que está colocada, que se necesitaria una fuerza grande para levantarla, porque sería preciso vencer el peso de una columna de aire que tuviera por base la seccion mayor horizontal de la campana, y por altura la de toda la atmósfera. Si en un vaso abierto por sus dos estremos se pone un pedazo de vejiga bien sujeto que cierre uno de ellos, estrayendo el aire interior, la presion del esterior hace primero encorvar la vejiga y despues romperse con estrépito; este es el aparato conocido con el nombre de *rompe-vejigas*. Los *hemisferios de Magdeburgo* (*figura* 112) sirven tambien para probar la presion de la atmósfera: llevan este nombre dos hemisferios huecos de metal *A* y *B*, que se unen exactamente por su borde *C*; estrayendo el aire del interior por un orificio practicado en el pie *D* del aparato, y cerrando despues este orificio con la llave *H*, se unen de tal manera los dos hemisferios que no es facil separarlos; pero abierta la llave y dejando entrar el aire, se pueden separar sin esfuerzo ninguno. El esperimento anterior, además

Fig. 112.



de la presion atmosférica, hace ver que los gases la ejercen en todas direcciones, porque cuando hay presion fuera solamente, los hemisferios no se pueden separar, y cuando el aire entra en su interior se desunen facilmente; prueba que dentro ejerce el aire una presion igual y contraria á la de fuera y se hacen equilibrio. Puede tambien probarse esta presion de abajo hácia arriba del modo siguiente (*fig.* 113). Tomemos el tubo *A* de algo mas de 3 pies, cerrado por uno de sus estremos y con un pequeño agujero *B* en su centro, el cual se tapa rodeándole un pedazo de vejiga. llenando de mercurio este tubo se tapa con el dedo, y se introduce su estremo en un vaso que tenga tambien mercurio; el contenido en el tubo baja hasta cierta altura dejando vacía la parte superior. Si en este estado se pincha la vejiga en *B*, el aire se precipita por este punto dentro del tubo, y hace subir en el primer instante toda la columna de mercurio que está sobre *B*.

Fig. 113.

B

A

227. Determinacion de la presion atmosférica. Llegados á este punto ocurre el problema de determinar cuál sea la presion que la atmósfera ejerce sobre una superficie dada, y si esta atmósfera es limitada ó no, en cuyo último caso la presion sería infinita. Los antiguos físicos habian observado que introduciendo el estremo de un tubo, cerrado por el otro estremo y lleno de agua dentro de un depósito del mismo líquido, el tubo permanecia lleno; tambien habian visto que el agua se elevaba en un tubo en que se hacia vacío llenándole completamente; estos hechos los esplicaban suponiendo que la naturaleza tenia horror al vacío, y que por tanto en los tubos donde no podia entrar el aire para llenarlos lo hacia el agua; pero habiendo tenido ocasion de ver que si el tubo era mas largo que 32 pies quedaba desde esta altura vacío, es decir, que el agua solo llegaba hasta este punto, resultó destruido el supuesto horror al vacío. Torricelli primero y Pascal despues trataron de estudiar este fenómeno llenando el tubo de mercurio y de otros líquidos, y observaron que la altura á que estos llegaban era mayor en los mas ligeros y menor en los mas densos, siendo solo de 28 pulgadas, término medio, para el mercurio. Esto hizo ver que era una fuerza misma la que en todos los casos habia que equilibrar con la columna líquida, puesto que el peso de ella calculado era siempre igual; y desde luego se pensó que no podia ser otra fuerza sino la producida por la presion de la atmósfera. Para convencerse mas, suponiendo Pascal que esta fuerza debe ser menor sobre una elevada montaña por ser menos la cantidad de aire que pesa sobre ella que sobre un punto mas bajo, hizo llevar el tubo lleno de mercurio á una montaña, y vió que conforme se subia la columna líquida iba siendo mas corta, prueba de que la presion atmosférica era la causa de que el líquido se elevara en el tubo. Esta verdad se demuestra facilmente, como vamos á ver. Supongamos (*figura* 114) que el tubo *A* cerrado por un estremo se llena de mercurio, y tapado con el dedo se introduce en el vaso *B*; en este caso el mercurio baja, quedándose á una altura de 28 pulgadas próximamente: sabemos además que sobre toda la superficie *E* del líquido debe haber una presion igual; de lo contrario este no podria estar en equilibrio: pero fuera del tubo

Fig. 114.

A

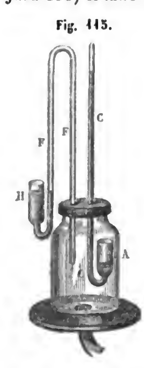
D

E E

B

es el peso de la atmósfera representado por la fuerza *D* el que comprime el líquido, y en la parte *OS* de la superficie de este que se halla dentro del tubo es la columna de mercurio representada por la fuerza *C* la que produce presion; luego para que el líquido esté en equilibrio tienen que ser las dos fuerzas *C* y *D* iguales, es decir, que el peso de la columna líquida cuya base es la seccion *OS* en la superficie del liquido, y cuya altura es la de este en el tubo, ha de ser igual al peso de una columna de aire de la misma base y de una altura igual á toda la de la atmósfera: siendo además evidente que el tubo podrá tener una forma cualquiera, pues la presion en *OS* siempre será la misma no variando la altura (163). De aquí se deduce que la atmósfera es limitada, puesto que si no lo fuera su altura sería infinita, y por tanto la del líquido que le hiciera equilibrio sería lo mismo. Si la atmósfera tuviera igual densidad en toda su masa sería facil determinar su altura, porque sabemos el peso que ha de tener, que será el de la columna de mercurio, y tambien el peso del aire; pero siendo la atmósfera limitada su densidad disminuirá elevándose en ella, pues la capa de aire hasta el fin se irá haciendo de menor altura, y por tanto de menos peso, que es el esperimento antes citado de Pascal elevándose en la montaña. Puesto que es la presion de la atmósfera la que hace elevar el mercurio en el tubo *A*, si en lugar de subir á la montaña colocamos el vaso *B* en un espacio donde se forme una atmósfera de menos peso, el mercurio debe bajar; esperimento facil de hacer, y que nos convencerá enteramente de que es la presion de la atmósfera la que eleva el mercurio en el tubo. Pongamos el aparato *fig.* 114 debajo de una campana, ó por lo menos el vaso *B*, haciendo salir el tubo al esterior por un orificio de ella que se cerrará muy bien: estrayendo el aire, como la fuerza *D* irá siendo menor, tendrá que disminuir tambien *C*, y por lo tanto la columna del tubo se acortará, llegando á ser cero si se hace vacío perfecto: puede tambien prepararse el esperimento en otra forma. Supongamos (*figura* 115) el tubo *C* encorvado que termina por un estremo en el recipiente *D* y que

Fig. 115.



está cerrado por el otro estremo; llenándole de mercurio y colocado en posicion vertical, en lugar de quedar este á la misma altura en las dos ramas como tubos comunicantes, queda mas alto en la rama cerrada, porque en el recipiente *D* pesa sobre el líquido la atmósfera, y en el tubo *C*, que se encuentra cerrado, no puede pesar esta, y es sustituida por la columna de mercurio como en el tubo *A* de la *fig.* 114. Pongamos el tubo *C* (*fig.* 115) así dispuesto de manera que el recipiente *D* se encuentre dentro de una campana *A* cerrada por la parte superior donde atraviesa el tubo; si de esta campana se va estrayendo el aire veremos descender el mercurio de *C*, y si se hiciera un vacío perfecto en ella, el mercurio en los dos brazos quedaría á la misma altura; esto prueba que la presion de la atmósfera es la que produce la altura del mercurio, y que esta altura mide la presion. Puede añadirse al aparato el tubo *F* dos veces encorvado, abierto por sus dos estremos, y terminado en uno de ellos por el recipiente *H*. Puesto el otro estremo dentro de la campana *A* resulta el esperimento en sentido inverso, pues faltando la presion del aire en la parte superior del tubo, la presion en *H* hace

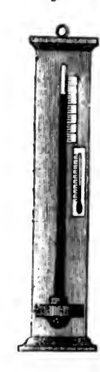
subir el mercurio hasta que la diferencia de nivel en las dos ramas de tubo sea la que era en *C* antes de estraerse el aire de la campana.

228. Altura de la atmósfera. El aire se dilata faltándole la presion; pero se concibe que esta dilatacion será solo hasta que la fuerza repulsiva sea vencida en la atmósfera por la gravedad que atrae las moléculas hácia el centro de la tierra. La fuerza repulsiva disminuye tambien en las altas regiones á causa del frio que en ellas esperimentan las moléculas, como veremos despues; de modo que estas no pasan á llenar el vacío de los espacios planetarios, retenidas por la gravedad: y asi se esplica, por qué á pesar de ser tan dilatable el aire, la atmósfera es limitada. Pero como hemos visto, su densidad decrece con la altura, y así para fijar esta altura, ha sido necesario ver cuánto decrece la densidad para una elevacion dada. Calculada así la altura de la atmósfera, y comprobado despues el resultado con los que han dado los fenómenos luminosos, se ha fijado en unas **11** á **12** leguas, pues si se eleva algo sobre este límite, debe estar el aire tan dilatado que se pueda suponer el espacio como vacío.

229. Barómetro. Observando la altura del mercurio en un tubo de Torricelli (*fig.* **114**), se ve que en un mismo punto no es siempre igual, lo que prueba que la presion atmosférica es variable, no solo para las diferentes alturas, sino tambien en distintos tiempos. Nada mas facil que conocer estas distintas presiones, pues para ello tendremos solamente que medir la altura del mercurio en el tubo; pero es necesario prepararle de la manera conveniente para observar sus indicaciones con exactitud y comodidad, y en tal caso el aparato recibe el nombre de *barómetro:* llamamos, pues, barómetros á *los aparatos destinados á medir la presion atmosférica*. Para construir un barómetro se toma un tubo de cristal resistente, de **36** á **39** pulgadas próximamente de longitud, ó sea **8** á **9** decímetros, y de un diámetro interior no muy delgado, para evitar en lo posible los efectos de la capilaridad, ni muy grueso, porque sería pesado y mas facil de romper; puede ser de **5** á **6** milímetros (**3** líneas poco mas ó menos): este tubo se cierra á la lámpara de esmaltar por uno de sus estremos, y antes de llenarle se ha de secar perfectamente en su interior, para lo cual se le va calentando, empezando por el estremo cerrado: despues se llena de mercurio perfectamente puro, porque si tiene óxido se adhiere al tubo y no deja ver las indicaciones, y si tiene otros metales varia su densidad, y por tanto su altura en el tubo es diferente de la del mercurio puro: será conveniente destilarle para estar seguros de su pureza. Para llenar el tubo se echa una cantidad de mercurio de **3** á **4** pulgadas y se le hace hervir; de este modo sale la humedad y el aire que pudiera haber quedado interpuesto, y el mercurio presenta una superficie perfectamente lisa como de acero bruñido; en seguida se echa otra cantidad igual de líquido, y así se continúa hasta el fin. Lleno ya el tubo se tapa muy bien con el dedo su estremo abierto y se introduce en un recipiente llamado cubeta qne contiene mercurio, y está unida al tubo por medio de una armadura que mantiene fijas las dos piezas, por ejemplo, una tabla (*fig.* **116**), ó una guarnicion metálica. Como la longitud de la columna de mercurio mide la presion atmosférica, es necesario unir al aparato una escala que pueda indicar esta longitud. La escala adoptada en diferentes paises ha sido generalmente la medida lineal del mismo; así en Francia se mide en centimetros pulgadas y líneas, y en España en pulgadas y líneas españolas, ó mas general-

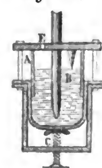
mente en pulgadas y líneas francesas; y para las ciencias, en partes del metro como en Francia. El cero de la escala debe estar en la superficie del mercurio de la cubeta: y como la presion al nivel del mar es mas generalmente $0^m,76$ ó 28 pulgadas francesas, y varía solo algunas pulgadas, bajo este punto y poco encima no es necesario que se marquen de la escala sino algunas divisiones en la parte superior, pues el resto de la escala sería inútil. Consultando el barómetro así formado tendremos las diferentes presiones atmosféricas; pero en el caso que esta presion haya de tomarse en cuenta para algun objeto científico, se supone de $0^m,76$, que es la media observada al nivel del mar, y esta presion constituye la ***unidad atmosférica*** (30), que tambien hemos tenido ocasion ya de tomar (225).

Fig. 116.



230. Nivel del mercurio en la cubeta. En el barómetro construido de la manera que dejamos dicho hay una causa de error, pues al descender la columna barométrica el mercurio de ella baja á la cubeta, y el nivel en esta sube, quedando sumerjido el cero de la escala; ó si se eleva la columna de mercurio en el tubo falta de la cubeta, y el cero queda mas arriba de la superficie del líquido: en los dos casos la distancia desde esta superficie á las divisiones de la escala marcada, suponiendo el cero en ella, no es la que indican, y debe corregirse. En los barómetros construidos para observaciones poco importantes se corrije suficientemente haciendo una cubeta de mucha superficie. Supongamos que se haga de una estension 100 veces mayor que la superficie interior del tubo; si el mercurio en este baja 1 pulgada, subirá en la cubeta solo 1 centésima de pulgada, y para cada centímetro variará 1 diezmilímetro; por tanto el error es pequeño, y si se conociera la relacion exacta de la superficie de la cubeta y tubo de un barómetro, se podria tambien corregir. Fortin ha hecho las cubetas de fondo móvil, para que el cero se encuentre en el mismo punto siempre que se haga una observacion (*fig.* 117): la cubeta *A* es abierta por la parte inferior, y se pone para cerrarla una bolsa de piel, la cual comprimida mas ó menos con el tornillo *C* hace variar la capacidad, y sube ó baja el mercurio de la cubeta; una punta de marfil *B* indica el cero de la escala, ó sea el punto donde ha de hacerse subir el mercurio en el momento de la observacion; la cubeta se cierra por la parte superior, y solo tiene un pequeño orificio en *E* por donde la atmósfera produce su presion. Los barómetros de Fortin van dentro de un estuche de metal, y cerrando la entrada *E* con un tapon á rosca, se puede invertir el aparato para trasportarle, y así se evita que golpée el mercurio contra el tubo y le rompa: tienen la escala marcada en bastante estension para poder apreciar diferencias de presion grandes; y llevan, como todos los aparatos de este género destinados á esperimentos importantes, un Vernier (10) para apreciar fracciones de la menor division marcada, el cual se mueve por medio de un pequeño piñon unido á una barrita dentada.

Fig. 117.



231. Otras causas de error en los barómetros. La capilaridad

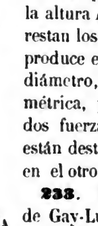
es otra causa de error en estos barómetros de cubeta; pero se podrá corregir si se conoce el diámetro del tubo, añadiendo á la altura del mercurio el número correspondiente á su depresion (216). Hay todavía otra causa de error, que es la que produce el calor, ya en el mercurio ya en la escala; error que es de toda clase de barómetros. Para poderle corregir llevan estos aparatos otro destinado á medir el calor; mas adelante nos ocuparemos de esta correccion.

Fig. 118.



232. Barómetros de sifon. Otra especie de barómetros que tienen alguna ventaja sobre los de cubeta, son los llamados de *sifon* (*fig.* 118). Supongamos el tubo encorvado *A*, cerrado por el estremo mas largo y lleno de mercurio; colocado en posicion vertical, el mercurio queda en la rama cerrada á una altura mayor que en la abierta, y la diferencia de estas alturas mide la presion atmosférica, porque como tubos comunicantes deberia quedar en las dos ramas á la misma altura, pero en la abierta hay la presion de la atmósfera y en la cerrada una diferencia de altura de mercurio; luego esta será una presion igual á la otra porque de lo contrario no existiria equilibrio en el líquido: así lo hemos visto tambien en el aparato *figura* 115 (227), y dispuesto el tubo de esta manera forma otra especie de barómetro llamado de *sifon*. Se construye el barómetro de sifon como el de cubeta (229), pero la escala debe hacerse con el cero en un punto cualquiera, y desde este marcar las divisiones para las dos ramas; así se mira el número que marcan los dos niveles en ellas, y se suman ó restan para tener la diferencia de altura del mercurio en las dos. Si por ejemplo el cero está en *C* (*fig.* 118) se marcarán desde este punto las divisiones arriba y abajo; y es evidente que la distancia *CB* unida á la *CD* darán la altura que mide la presion atmosférica. Si el cero se pone en un punto *E* mas bajo que á donde pueda llegar *B*, la altura *BD* será la *ED* quitando la *EB*, de modo que en este caso se restan los números que marquen los dos niveles. La capilaridad no produce error en estos barómetros si las dos ramas son del mismo diámetro, pues la depresion en *D* tiende á disminuir la altura barométrica, y la depresion en *E* tiende á elevarla, de modo que si las dos fuerzas son iguales porque los diámetros de los tubos lo sean, están destruidas y no hay error. Las correcciones por el calor son como en el otro barómetro.

Fig. 119.



233. Barómetro de Gay-Lussac. El barómetro llamado de Gay-Lussac (*fig.* 119) es de sifon, cerrado por sus dos estremos, y con un pequeño orificio al que se adapta un tubito abierto y encorvado *A* por donde el aire entra á producir la presion sin que el mercurio se salga aunque se invierta el aparato. Tiene en *B* una adicion debida á Bunten, que consiste en un pequeño tubo *B* unido al interior del tubo principal en forma de embudo, que impide al aire esterior penetrar en la parte vacía ó *cámara barométrica*, pues si el aire entra es contra el cristal, y por tanto al llegar á *B* se encuentra cerrado el paso con el tubo pequeño, y se queda alrededor de él sin poder subir á la cámara ni

interrumpir la columna de mercurio: y por tanto es indiferente para las observaciones que esté ó no, pero se verá por el esterior, y se podrá sacar invirtiendo el aparato, en cuyo caso subirá á la parte curva y de allí se le hará salir á la rama abierta. Este barómetro colocado en una armadura de metal, con el cero de la escala entre las dos ramas y con Vernier en las escalas, es el que se emplea para operaciones de grande exactitud, y se trasporta facilmente metiéndole invertido en un estuche de cuero.

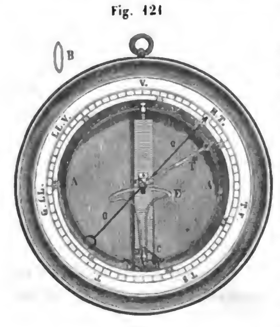
234. Barómetro de cuadrante. El barómetro de sifon tambien se ha convertido en el llamado de cuadrante (*fig.* 120). Una polea fija *B* está unida á la aguja *H*, y sostiene dos pequeños pesos *D* y *C*, unidos á los estremos de un cordon que está arrollado en ella. Uno de los pesos *C*, algo mayor que el otro, está sobre el mercurio de la rama abierta de un barómetro de sifon; todo este aparato se encuentra oculto en una armadura de madera que se indica en la figura en líneas de puntos, escepto la aguja que está á la parte esterior. Supongamos que el mercurio baja porque la presion atmosférica disminuye: en este caso subirá en la rama abierta, y hará subir tambien el peso *C* de modo que el *D* hará mover la aguja hácia un lado; si el mercurio sube por aumentarse la presion de la atmósfera, bajará el peso mayor *C* y la aguja se moverá al otro lado. Marcando en un círculo dispuesto bajo la aguja las divisiones correspondientes á las diferentes alturas barométricas, se conocerán estas mirando cuál señala aquella. Estos aparatos son mas bien de lujo que de exactitud, y exigen mucho cuidado al trasportarlos para que no se salga el mercurio.

Fig. 120.



235. Barómetro de Bourdon. Si un tubo doblado en forma circular ó espiral recibe una presion en su interior, se desenvuelve en parte disminuyendo su curvatura; y si la presion es en el esterior, sucede lo contrario. En esta propiedad se ha fundado Bourdon para formar un aparato que mide las diferentes presiones de la atmósfera, y que ha recibido el nombre de *barómetro de Bourdon* (*fig.* 121). Se compone de un tubo de laton achatado *A*, cuya seccion es *B*, y arrollado en forma circular. En este tubo se hace el vacío, y despues se cierra completamente. En sus estremos *C* lleva dos alambres que mueven una palanquita *D* unida á la pieza *E*, que es una parte de rueda dentada, la cual engrana con un piñon *S* al que está unida la aguja *O*. Si la presion atmosférica disminuye, el tubo *A*, que está solo sujeto en la parte superior, se desarrolla y tira con los alambres en *C* de la palanca *D*, la que hace mover la pieza *E*, que á su vez mueve el piñon *S* y con él la aguja *O*, marcando esta con su estremo diferentes puntos; un contrapeso *H* ayuda tambien al movi-

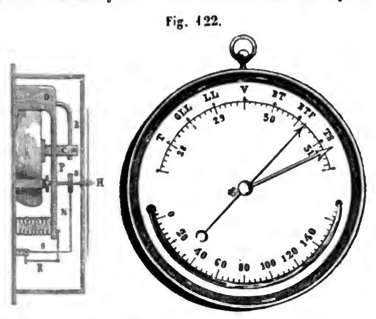
Fig. 121



miento de la palanca *D:* si aumenta la presion, se arrolla el tubo *A*, la palanca *D* y la pieza *E* se mueven en sentido contrario, y la aguja *O* marcha tambien hácia opuesto lado. Comparando este barómetro con otro de mercurio, se marcan en la parte esterior las diferentes presiones que corresponden á los puntos indicados por la aguja. Este barómetro es muy cómodo por sus pequeñas dimensiones comparado con los otros, y es tambien bastante sensible; pero no es facil corregir en él las diferencias producidas por el calor, y además con el uso podrá variar la elasticidad del tubo como todo resorte (100). La aguja *T* está en el esterior fija en el centro, y sirve solo para dejar señaladas las indicaciones de la *O*, haciéndola mover por un boton en *S*.

236. Barómetro aneróide. Se ha construido otro barómetro hace tambien poco tiempo al que se ha llamado *aneróide*, que en la *figura* 122 se ve en corte por el costado y de frente. Consiste en una caja de cobre *A* circular, de paredes delgadas, perfectamente cerrada y sin aire en su interior; sobre el centro tiene un estribo *C* que engancha en la palanca *B*, unida á otra pieza de hierro *D* que rodea en parte á la caja; de esta pieza *D* sale otra palanca *P* que tiene á su estremo un fuerte resorte que la mantiene en su posicion. Al estremo de esta palanca hay otra que se une á la *R*, y esta se halla articulada y unida á la *S*, la cual tiene á su estremo una cuerda de acero *N* que se arrolla en el eje *H*, al que está unida en la parte esterior una aguja que marca diferentes puntos; este eje se mantiene en su posicion por la tension de la cuerda, y por la de un pequeño resorte *O* que tira en sentido contrario. Si la presion atmosférica aumenta, la caja se comprime, baja *C* y el estremo de *B*, el cual hace bajar tambien á *P* y esta á *R*, que inclina hácia abajo el estremo de *S*, y tira de la cuerda *N* haciendo girar á la aguja, que marca un punto; lo contrario sucede disminuyendo la presion atmosférica, y la aguja gira al lado opuesto; de modo que esta aguja marca las diferentes presiones cuando se haya graduado el aparato por comparacion con otro de mercurio. Este barómetro tiene, como el de Bourdon (235), la ventaja de ser manuable y funciona bien, pero tiene tambien los mismos inconvenientes. En la parte inferior se ve un tubo encorvado que sirve para medir el calor.

Fig. 122.



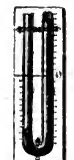
237. Simpiezómetro. Otro aparato se ha dispuesto con el nombre de *simpiezómetro* para medir la presion de la atmósfera, que se compone de un tubo encorvado abierto por un estremo y cerrado por el otro, en donde tiene un recipiente colocado dentro de otro recipiente de un aparato que mide la temperatura. El tubo encorvado tiene en la parte de su curva una cantidad de aceite como líquido no volatil, que cierra en el recipiente una porcion de aire. Si crece la presion de la atmósfera, se comunica por el aceite al aire encerrado que se comprime, y el aceite

baja; y por la misma causa, si disminuye la presion sube el aceite en la rama abierta: pero si el aire del recipiente se calienta ó enfria, tambien hace subir ó bajar el aceite, y por eso no son exactos estos aparatos sino para el calor á que se les gradua por comparacion. Suele añadirse una escala móvil para que sirvan á todas temperaturas; pero sus indicaciones en este caso son solo aproximadas.

238. Presion atmosférica medida con una balanza. Hace poco tiempo que ha propuesto Secchi medir la presion de la atmósfera por el peso del mercurio contenido en el tubo barométrico. Supongamos un barómetro de cubeta (**229**) (*fig.* **114**): si tratamos de elevar el tubo *A* sacándole de la cubeta *B*, es evidente que tendremos que aplicar una fuerza que equilibre el peso del mercurio contenido dentro del tubo, mas el peso de este, menos lo que pierde de su peso la parte que tenia sumerjida en el mercurio. Supongamos que el tubo *A* se sujeta en uno de los estremos de la cruz de una balanza, y que en el otro estremo se ponen pesas conocidas; segun lo dicho, estas pesas representan el peso del mercurio contenido en el tubo desde *O*, mas el peso del tubo; de modo que quitado del peso total el del tubo, queda solo el peso del mercurio. Si suponemos que aumenta la presion atmosférica, como la columna de mercurio se hace mas larga, pesará mas, y si suponemos que disminuye la presion, se acorta la columna y pesa menos; de modo que las variaciones de peso pueden medir la presion de la atmósfera. La balanza para este objeto puede ser una romana (**137**), en la que se marque la presion por el diferente brazo del contrapeso constante, ó puede ser un peson (**140**), que indique las presiones en un arco dividido. Las ventajas que se suponen á este método son: **1.°** poderse hacer el tubo de un cuerpo mas resistente que el cristal, de hierro por ejemplo, puesto que no es necesario ver el mercurio, y de aquí el que se pueda trasportar sin peligro, y hacer de grandes dimensiones; **2.°** de poder hacer la seccion grande para que la columna pese mas, y con pequeñas variaciones se tengan diferencias de peso muy sensibles; **3.°** poder preparar un lapiz que deje marcadas las variaciones de presion en un papel: **4.°** no influye ni la capilaridad ni la pureza del mercurio, pues si este es menos denso aumenta la columna, pero el peso es siempre el correspondiente á la presion atmosférica; **5.°** se pueden hacer barómetros de todos los líquidos que se quiera sin peligro de que los tubos se rompan haciéndolos de hierro. Este método necesita estudiarse para ver sus ventajas ó inconvenientes en la práctica.

239. Barómetro truncado. Cuando las presiones que se han de medir son menores que las de la atmósfera, se hace un barómetro corto (*fig.* **123**), que á la presion ordinaria estará siempre lleno y no dará indicaciones hasta que disminuya la presion del aire en una cantidad que pueda ser equilibrada con una columna de mercurio menor que la del tubo cerrado, y si llega á estraerse el aire completamente del tubo abierto, queda el mercurio en los dos á la misma altura; despues veremos la utilidad de este aparato, que recibe el nombre de ***barómetro truncado*** ó ***probeta***.

Fig. 123.



240. Variaciones accidentales del barómetro. La presion atmosférica varia como hemos dicho, y sus variaciones son *accidentales* ó *diurnas*. Las accidentales se producen por los cambios de densidad que el aire esperimenta con el calor, pues como mas adelante

veremos, el mayor calor hace mas ligero el aire, por tanto si se calienta en un punto se eleva por su menor densidad y produce menos presion; si se enfria se hará mas denso y el mercurio se elevará; pero en los puntos inmediatos, el aire mas ligero que el que le rodea subirá, produciendo tambien una presion menor sobre el mercurio. Estos movimientos de la atmósfera pueden traer de un punto á otro aire de diferente densidad, y el barómetro varia. Es evidente que las variaciones accidentales no están sujetas á ninguna ley, pero se ha observado que los límites de ellas tienen mas diferencia aproximándose á los polos, que apenas son perceptibles en el ecuador, y que en el invierno son mayores que en el verano.

241. Variaciones diurnas. Las variaciones diurnas son debidas á la misma diferencia de presion, producida por el calor; pero en este caso es el que proviene del sol segun su posicion con respecto á la tierra; así es que las variaciones se verifican de una manera bastante regular en cada dia. Estas variaciones son en el ecuador muy regulares, al paso que las accidentales, como hemos dicho, son apenas perceptibles (240). Desde las 4 de la mañana empieza á subir el barómetro hasta las 10, que llega á su máximo, y permanece con poca variacion hasta las 12, en que empieza á bajar, y á las 4 de la tarde llega al mínimo: desde esta hora empieza de nuevo á subir y á las 10 de la noche tiene otro máximo, descendiendo despues hasta las 4 de la mañana; de modo que se verifican en las 24 horas dos máximos á las 10 y dos mínimos á las 4 con mucha regularidad. En nuestros climas no es tan facil observar estas variaciones, porque se confunden con las accidentales; pero se supone, segun las observaciones hechas, que son las mismas que en el ecuador, con la diferencia de variar algo las horas, sobre todo del máximo de la mañana que se adelanta en el verano.

242. Observaciones barométricas. Las observaciones barométricas deben hacerse en cortos intérvalos, cada dia lo menos de hora en hora, sobre todo á las de máxima y mínima altura; las observadas durante el dia darán las horas fijas de máxima y mínima en cada uno y en las diferentes estaciones: sumando estas alturas y dividiendo por el número de observaciones, se tendrá la altura media del dia, que segun Ramond coincide generalmente con la observada á las 12 de la mañana; mensualmente deberán sumarse las alturas medias de cada dia y partir por el número de ellas, lo que dará la media del mes; y la anual se tendrá sumando las de todos los dias ó meses y partiendo por su número. Se ha observado que la altura media mensual es mayor en invierno que en verano. La media general tomando las de diferentes puntos al nivel del mar es, segun observaciones muy repetidas, $0^m,761$ á $0^m,762$, y en el ecuador es solo de $0^m,758$. Ya hemos dicho (229) que en los cálculos se toma siempre $0^m,76$. Esta altura media varía en los diferentes puntos del globo, aumentando del ecuador al polo y disminuyendo con la elevacion. Así en Paris es solo de 0,7568. En cuanto á la de Madrid se encuentra alguna variacion en los números dados; pero la que nos merece mas fe, de acuerdo tambien con nuestras propias observaciones, es $0^m,70596$, que equivale á 30 pulgadas $4^l,8$ españolas, ó 26 pulgadas 1 línea francesas, siendo su máximo proximamente $0^m,719$ que aunque variable suele encontrarse hácia enero, y su mínino $0^m,689$, que es hácia el mismo mes. Mas adelante, al tratar de las temperaturas, veremos cómo pueden formarse curvas que marquen las observaciones; y este método es tambien aplicable al barómetro.

De las observaciones barométricas publicadas en la Revista de los progresos de las ciencias, sacamos los siguientes resultados correspondientes á Madrid en el año 1856, espresados en milímetros y sus fracciones.

MES.	MEDIA.	MAYOR.	DIA.	MENOR.	DIA.	OSCILACIONES.				
						Mensual.	Mayor diurna.	Dia.	Menor diurna.	Dia.
Enero...........	700,303	712,714	15	682,996	7	29,718	6,147	8	0,762	15
Febrero.........	706,414	718,200	7	690,842	20	27,358	6,629	19	0,711	24
Marzo	701,868	711,418	1	692,927	27	18,491	4,928	10	0,762	27
Abril	701,792	711,266	3	693,664	27	17,602	4,801	11	0,838	17
Mayo	703,798	710,656	26	696,686	15	13,970	4,877	19	0,610	16
Junio	706,287	712,561	7	699,275	1	13,286	4,648	13	0,584	16
Julio.............	705,210	708,500	30	700,550	22	7,950	3,960	21	0,480	4
Agosto...........	704,535	708,726	26	695,899	18	12,827	3,760	15	0,610	22
Setiembre.......	681,700	712,028	16	696,534	27	15,494	4,648	4	0,813	6
Octubre	707,710	716,219	16	701,865	1	14,354	3,327	17	0,559	10
Noviembre	706,110	712,510	23	693,029	11	19,481	3,404	13	0,991	16
Diciembre	706,908	716,876	30	685,840	26	31,036	6,249	27	0,813	4
En el año 1856.	702,720	718,200	7 febr.	682,996	7 enero.	35,204	6,629	19 febr.	0,480	4 julio.
En el año 1855.	704,662	717,740	8 enero.	683,046	13 feb.	34,694	14,097	14 febr.	0,635	22 nov.
En el año 1854.	707,046	721,560	27 enero.	683,080	3 enero.	38,480	9,575	18 diciem.	0,406	6 junio.
En los 3 años...	704,809	721,560	enero 1854	682,996	enero 1856	38,564	14,097	feb. 1855	0,406	junio 1854

La media de los tres años tiene de diferencia con la que hemos dado antes 1mm,151, y la de los dos años de 1851 y 55, que es 705,854, solo tiene con aquella 0mm,106; las dos son tan pequeñas diferencias, que dejamos como exacta la media de 705mm,96, al menos hasta que mayor número de observaciones nos obligue á variarla.

De los datos publicados en la misma Revista sacamos las siguientes alturas medias, correspondientes al año 1856 en diferentes puntos de España, espresadas tambien en milímetros y sus fracciones.

Santiago.............	737,67	Barcelona............	760,51
Oviedo..............	741,70	Zaragoza.............	742,91
Santander............	759,30	Granada.............	703,74
Bilbao...............	762,09	Málaga	756,62
Vergara..............	746,97	Sevilla (en 11 meses)..	759,60

243. Indicaciones de los fenómenos atmosféricos. Se ha observado en nuestros climas que cuando llueve baja el barómetro y sube con el buen tiempo; y en efecto, se esplica este fenómeno, pues los vientos frios del Norte tienen mayor densidad y llegan por encima de grande estension de tierra, por lo que están secos, hacen subir el barómetro y no producen lluvia; pero los vientos del Mediodía inclinados al Oeste, que viniendo calientes por atravesar regiones de mayor calor son poco densos, y además vienen sobre el Océano cargándose de humedad, hacen bajar el barómetro y producen lluvias. Observando las demás direcciones de los vientos, encontraremos que los de mar, que vienen con mucha humedad, son los que deben estar mas calientes; por tanto, en la posicion particular de Europa, debe coincidir la lluvia con la disminucion de la columna barométrica: sin embargo, facil es conocer que en un punto determinado podrá no suceder lo mismo. Para España, y sobre todo para nuestras provincias del Mediodía, puede coincidir un descenso del barómetro con tiempo seco, pues el viento del Mediodía que haya atravesado el Africa podrá venir seco y con poca densidad, y en otros paises cuya posicion sea distinta con respecto á los mares, podrá subir el barómetro con tiempo lluvioso. Los fabricantes de barómetros indican en ellos á diferentes alturas la lluvia y demás estados de la atmósfera, pero segun lo dicho, las variaciones de la atmósfera harán variar el barómetro, sin que por esto haya de suceder lo que está marcado en él, pues un aire caliente y aun cargado de humedad no produce siempre lluvia; de modo que estas indicaciones no deben tomarse nunca como infalibles. Además, un barómetro marcado para Paris y trasportado por ejemplo á Madrid, donde la altura media es inferior, no indicará ni aproximadamente el estado atmosférico; por tanto, para que las indicaciones puedan dar algun resultado es necesario haber hecho muy repetidas observaciones en cada punto, y señalar los barómetros á propósito segun ellas. Una comparacion entre las curvas formadas con las indicaciones del barómetro y la cantidad de agua que cae, nos darán á conocer las alturas del mercurio en que hay probabilidad de lluvia, y hasta dónde llega esta probabilidad. Las indicaciones que ponen los fabricantes son las siguientes:

ALTURA DEL BAROMETRO EN CENTIMETROS.		ESTADO DE LA ATMOSFERA.
Para Madrid.	Para Paris.	
68,75	73,10	Tempestad.
69,50	74,00	Mucha lluvia.
70,25	74,90	Lluvia ó viento.
71,00	75,80	Vario.
71,75	76,70	Buen tiempo.
72,50	77,60	Buen tiempo fijo.
73,25	78,50	Muy seco.

244. Presion de la atmósfera sobre una superficie dada. Habiendo estudiado los medios de conocer la presion atmosférica, es facil calcular el peso que soporta una estension superficial dada. Supongamos que la seccion del tubo barométrico sea 1 centimetro cuadrado y su altura 76 centímetros, su volumen será $1 \times 76 = 76$ centímetros cúbicos de mercurio; pero 1 centímetro de agua pesa 1 gramo, y como en igual volumen pesa el mercurio 13,6 siendo el agua 1 (183), cada centímetro de mercurio pesará $13^g,6$, y los 76 pesarán $13,6 \times 76 = 1033$ gramos, despreciando la fraccion; luego sobre cada centímetro superficial produce la atmósfera una presion de 1033 gramos, ó $1^k,033$, calculando con la presion media al nivel del mar. Segun esto 1 metro superficial, que son 10000 centímetros cuadrados, sufrirá una presion de 10330 kilógramos, que dan por pie cuadrado $1742\frac{1}{2}$ libras, ó mas de $69\frac{1}{2}$ arrobas. Un hombre de regular volumen tiene una superficie de 19 pies cuadrados próximamente, luego soporta un peso de 33107 libras ó 1324,3 arrobas. Como los líquidos son poco compresibles (91), soportan en el interior del cuerpo esta presion, y además, ejerciéndose en todas direcciones (224) deja libres los movimientos, y hace que no se esperimenten los efectos de una presion tan considerable. Si se tapa con la mano un vaso sin fondo y se estrae el aire del interior, se siente una presion producida por la atmósfera, que impide levantar la mano, y esta se hincha hácia la parte donde se hace el vacío.

245. Medicion de alturas con el barómetro. Ya sabemos (227) que la columna barométrica disminuye elevándose en la atmósfera, y si esta fuera homogénea, sería facil calcular á qué altura nos deberíamos elevar en ella para que la columna disminuyera una cantidad dada; sin embargo el barómetro es el medio único que en muchos casos debe emplearse para calcular ó medir alturas, sobre todo cuando se trata de comparar las de diferentes puntos del globo. Para poder resolver este problema se han dado fórmulas en las que se aprecian todas las causas que hacen variar la columna barométrica; pero como una de ellas es el calor, no podemos hasta mas adelante ocuparnos de esta cuestion.

246. Ley de la compresibilidad de los gases. Se ha demostrado antes (92) que los gases se comprimian, pero ahora vamos á ocuparnos de las leyes de esta compresibilidad, estudiadas por Mariotte con el tubo que lleva su nombre (*fi*-

gura 54). Supongamos que en el tubo *A* se pone mercurio, de modo que en las dos ramas se encuentre á igual altura *O*. Es evidente que el aire contenido en *B* tiene solo la presion atmosférica, puesto que el mercurio para estar á la misma altura en las dos ramas, ha de sufrir presiones iguales. Echemos mercurio en el tubo *A;* el aire de *B* que no puede salir se irá comprimiendo, y observaremos que cuando la diferencia de altura del mercurio en los dos brazos del tubo es la del barómetro, es decir, cuando el aire esté comprimido con una atmósfera de mercurio además de la natural, ocupará en el tubo *B* solo la mitad del volumen que antes ocupaba, Si el tubo *A* es bastante largo para añadir otra altura de mercurio igual á la del barómetro, la presion será de 3 atmósferas, y el aire ocupará el tercio de su primer volumen; si son cuatro las atmósferas de presion, el volumen será la cuarta parte; y así sucesivamente. Si en lugar de aire se coloca en el tubo *B* otro gas cualquiera, se obtiene el mismo resultado exactamente, sea cualquiera el estado de calor en que permanezcan los gases. Dulong y Arago han hecho este esperimento colocando un tubo convenientemente dispuesto en el hueco de una torre, para tener la altura de 26 á 27 atmósferas, y han encontrado resultado igual con todos los gases y en todos los estados de calor á que hicieron el esperimento. Advertiremos que algunos gases á presiones menores de 27 atmósferas se convierten en líquidos, y por tanto desde este punto se comprimen como tales líquidos; el gas amoniaco por ejemplo, á la presion de 5 atmósferas y en el estado de calor que se designa con 0, se convierte en líquido. Cuando cesa la presion, el gas, como cuerpo elástico, vuelve á recobrar su volumen primitivo, de modo que el mercurio sufre por el gas comprimido una presion sobre su superficie en la rama cerrada, medida por toda la columna que le comprime. Esta presion producida por el gas que tiende á dilatarse, es lo que se llama su *fuerza elástica*, cuyo efecto es facil reducir á peso, pues hemos visto que 1 atmósfera ejerce sobre cada centímetro cuadrado una presion de $1^k,033$ (244); luego si un gas comprime por ejemplo una superficie de 1 decímetro ó sea de 100 centímetros con una presion de 5 atmósferas, su fuerza elástica será de $100 \times 5 \times 1,033 = 516^k,5$; es decir, que la fuerza con que el gas tiende á dilatarse hace una presion de $516^k,5$ sobre la superficie de 1 decímetro. Hasta ahora hemos supuesto presiones mayores que la de 1 amósfera: para estudiar la compresibilidad de los gases á presiones menores, se hace uso de un tubo *E* (*fig.* 124), cerrado por un estremo, que se llena de mercurio, dejando alguna cantidad de aire; este tubo se invierte y coloca dentro de un vaso *C* lleno de mercurio, el aire pasará á la parte superior, y entonces se introduce el tubo en el vaso hasta que el nivel del líquido dentro y fuera sea el mismo: es evidente que en este caso el aire del interior del tubo tiene una presion igual á la de la atmósfera. Una escala *P* colocada en el aparato marca el volumen de este aire. Elevando en seguida el tubo *E*, el mercurio se eleva tambien y el aire se dilata, y cuando el mercurio esté por ejemplo á la mitad de la altura del barómetro, la presion del aire en el tubo será de media atmósfera, puesto que hace equilibrio á la esterior y hay media de mercurio dentro del tubo. Examinando entonces el volumen que ocupa el aire, encontraremos que es el doble del que

Fig. 124.



ocupaba al principio; si se continua elevando el tubo y llega á estar el mercurio en él á una altura que sea $^2/_3$ de la barométrica, el aire estará comprimido con $^1/_3$ de atmósfera y ocupará tres veces el primer volumen: esto mismo se verifica con todos los gases y en todos los estados de calor á que se ha hecho el esperimento. De lo dicho se deduce la ley siguiente: *los volúmenes de todos los gases están en razon inversa de la presion que soportan;* y como el mismo número de moléculas ocupará la mitad del volumen siendo la presion doble ó el tercio, si esta es triple se deduce que *las densidades de los gases están en razon de las presiones*. Estas leyes, que se han tenido como exactas por mucho tiempo, no lo son sin embargo: cuando los gases se encuentran sometidos á presiones poco diferentes de las que producen su cambio al estado líquido, se encuentran diferencias notables. Además Regnault ha observado que las leyes dadas tampoco son exactas para todos los gases: el ácido carbónico varía de volumen de una manera bastante irregular, sobre todo á medida que va creciendo la presion. El gas azoe se comprime mas que la cantidad que resulta de la ley, al paso que el hidrógeno se comprime menos, si bien la diferencia en estos dos gases es pequeña: es de presumir que todos los gases sometidos á grandes presiones, y muy calientes, darian algunas diferencias, pero como estas serian pequeñas y generalmente no producen error en las aplicaciones, se supone cierta para ellas la ley de Mariotte.

247. Manómetros. Se ha hecho una aplicacion importante de la ley de Mariotte á la medida de presiones, y los aparatos que se emplean para este objeto, se conocen con el nombre de *manómetros*. Daremos aqui á conocer los principales, añadiendo tambien los que no son precisamente aplicacion de la ley dicha.

248. Manómetros de aire libre. Para medir presiones poco mas ó menos de 2 atmósferas se puede emplear el manómetro *fig*. 125, compuesto de un tubo encorvado *AB*, abierto por su estremo *B*, y comunicando el otro *A* con el espacio en donde se quiere medir la presion, por ejemplo una caldera de vapor; en este tubo se coloca una cantidad de mercurio que ocupe parte de sus dos brazos, y es evidente que si el vapor tiene la presion de la atmósfera, el mercurio quedará á la misma altura en los dos brazos del tubo, puesto que tambien en *B* es la atmósfera la que pesa; pero si la presion del vapor aumenta, baja el líquido en *A* y sube en *B;* de modo que el vapor, además de la presion de la atmósfera, sostiene la columna de mercurio *DB*, que es la diferencia de las alturas de este en los dos brazos del tubo: suponiéndola de una altura igual á la mitad de la barométrica, el vapor tendrá una presion de $1^1/_2$ atmósfera. Para graduar este aparato es necesario tener en cuenta que al mismo tiempo que sube el mercurio en *B* baja en *A*, de modo que la diferencia de alturas aumenta por estas dos causas. Suponiendo que los dos brazos del tubo tengan un mismo diámetro, marcando desde el nivel *C* en el tubo *B* la altura *BC* habrá de contarse doble, pues cuando el mercurio está en *B* en el otro brazo estará en *D:* así por ejemplo, si medimos desde *C* una altura de $0^m,38$, cuando el mercurio llegue á ella habrá bajado en el otro brazo del tubo la misma cantidad, y la columna que mide la presion será de $0^m,76$, que es 1 atmósfera. Si el tubo no tiene sus dos brazos de igual diámetro, ha-

Fig. 125.



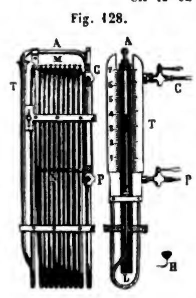
brá que calcular las alturas teniendo en cuenta que han de ser inversamente proporcionales á las secciones de los tubos. Puede este manómetro disponerse como marca la *figura* 126, colocando una cubeta *A* que reciba la presion, y el mercurio sube en el tubo *B*, viniendo á hacerse la presion por el tubo *C;* de este modo aunque el mercurio baja á la cubeta, si esta es de bastante diámetro se pueden despreciar las diferencias de alturas en ella, y marcar atmósferas en el tubo *B* á cada $0^m,76$ de su longitud desde la altura media á que pueda estar el mercurio en *A*. Si no se quiere que la presion se ejerza directamente sobre el mercurio se pone agua, como se indica en *C*, y la presion se hace sobre esta; y para graduar el aparato con exactitud habrá que tener en cuenta la presion de la columna de agua, que se ha de restar de la que señale el mercurio. Para marcar presiones grandes sería necesario que estos manómetros fueran muy largos, y en tal caso serian poco manuables y fáciles de romper.

Fig. 126.

249. Manómetro de Richard. Pueden hacerse manómetros abiertos cuya altura sea pequeña, y que sirvan para marcar altas presiones. Supongamos (*fig.* 127) el tubo encorvado *AB*, que contiene mercurio. Si la rama *B* fuera abierta, la presion en *A* estaria medida por 1 atmósfera, mas la diferencia de altura del mercurio; pero si en *B* hay una presion mayor que la de la atmósfera, entonces la presion en *A* se medirá por la que haya en *B*, mas la diferencia de altura. Supongamos que el tubo *B* se encorva de nuevo en *CD;* la presion en *A* hace subir el mercurio en *B*, y el aire contenido entre *B* y *C*, comprimido, hace bajar el mercurio en *C* y subir en *D;* por lo tanto la presion en *A* estará medida por la diferencia de altura del mercurio entre *A* y *B*, mas la presion sobre *B*, que será la que comprime el aire entre *B* y *C*, y esta la diferencia de altura del mercurio entre *C* y *D*, mas la atmósfera que pesa en *D*. Si se encorvara todavía el tubo, tendríamos que añadir la presion que habria en *D*, mayor que la de la atmósfera; de modo que la presion en *A* es la suma de todas las diferencias de altura del mercurio, mas la atmósfera esterior; y por tanto aumentando el número de tubos se puede tener una presion grande con pequeñas alturas de mercurio, ó lo que es lo mismo, con tubos cortos. Hemos supuesto que todos los brazos del tubo son de igual diámetro, y que el aire no se comprime; esta última circunstancia habria que tenerla en cuenta: pero en lugar de aire se puede poner agua sobre el mercurio, y esta se puede suponer como no compresible. Fundado en lo que dejamos espuesto ha hecho Richard un manómetro (*fig.* 128), que consiste en un tubo de 5 á 6 milímetros de diámetro, doblado varias veces como se marca en la figura, que representa el aparato de costado y de frente. El vapor entra por *C*, donde hay una llave, y desde aquí continua dando vueltas hasta que en *T* se une con un

Fig. 127.

Fig. 128.



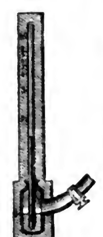
tubo de cristal unido á una escala; este tubo se vuelve á unir por la parte superior con otro *A* que pasa por encima del aparato, y viene á terminar en el lado opuesto en otro tubo *L* mas grueso, colocado entre las vueltas primeras; este tubo *L* está cerrado en su parte inferior, y tiene en la superior un agujero por donde la atmósfera ejerce su presion. En la mitad inferior de los tubos hay mercurio, y en la superior agua. Para preparar este manómetro se echa mercurio con el embudo *H* por unos agujeros practicados en medio de los tubos, tapados con tornillos *N*; despues por otros agujeros semejantes *M* en la parte superior se echa agua, que si ha de esponerse al frio debe estar mezclada con alcohol para que no se hiele. La presion, como hemos dicho, se hace por *C*, y el efecto es el que dejamos esplicado en la figura anterior: el mercurio sube en el tubo de cristal y marca las presiones en la escala *T*. Si por cualquier causa la presion fuera tanta que el mercurio se saliera del tubo, vendria á caer en *L* y no se perderia: en *P* hay otra llave que da salida al aire ó al vapor cuando está abierta. La graduacion debe hacerse comparando con otro de aire comprimido, pues sería dificil hacerla directamente con exactitud. Estos aparatos son muy usados, sobre todo en las locomotoras de los caminos de hierro, pues no están espuestos á romperse por ser los tubos de hierro, y funcionan perfectamente. En la siguiente tabla se encuentran datos de los manómetros de este género que se construyen.

NUMERO DE VUELTAS DEL TUBO.	ATMOSFERAS QUE PUEDEN MEDIR.	ATMOSFERAS QUE DEBEN MEDIR.	PRECIO EN FRANCOS EN PARIS.
3	3	2,5	120 á 150.
3	3,7	3	
5	4,8	4	150 á 200.
5	6	5	
5	7,5	6,5	
11	6,8	5,5	220 á 260.
11	8	7	
11	9	8	

250. Manómetro de aire comprimido. Al tratar de la compresibilidad de los líquidos (91), describimos el piezómetro (*fig.* 53), en el cual hay un tubo *S* que sirve para indicar las presiones producidas: este tubo es un manómetro de aire comprimido; al introducirle en el agua, el aire que contiene se queda sin salida, y despues, produciendo la presion, el agua comprime este aire, y cuando ocupa la mitad, tercio ó cuarto del volumen que al principio ocupaba, será la presion de 2, 3 ó 4 atmósferas. Acompaña al tubo una escala en que están marcadas partes iguales, pero de una estension cualquiera, y estas indican la reduccion de volumen del aire. Para medir otra especie de presiones, por ejemplo la del vapor en una caldera, se hace uso del manómetro *fig.* 129, que consiste en un tubo cerrado por el estremo superior y sumerjido el inferior en una cubeta *A* de mercurio; el vapor se introduce en esta por un tubo lateral, y la presion producida hace subir el mercurio en el tubo comprimiendo el aire que contiene; ha-

siendo este tubo de pequeño diámetro y la cubeta ancha, las variaciones de nivel en ella pueden despreciarse: para graduarle se divide en su mitad contando desde el nivel medio del mercurio en *A*; en este punto se marcarán dos atmósferas, puesto que el aire interior del tubo sin comprimir representará una; despues en el tercio se marcará la presion de 3 atmósferas y 4 en la cuarta parte, continuando hasta la presion máxima que haya de medirse.

Fig. 129



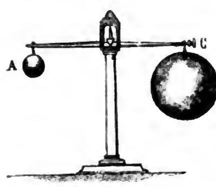
251. Manómetro de Bourdon. Bourdon ha hecho un manómetro (*fig.* 130) fundado en el mismo principio que su barómetro (235). Se compone de un tubo *BAC* de laton arrollado, cuya seccion es *E*, de 10 á 12 milímetros en su parte mayor, y que se va reduciendo hasta el estremo *C*, en donde es solo de 4; este tubo es abierto en *B*, en donde se une al *D*, que es el que conduce el vapor cuya presion se ha de medir: en el estremo *C*, que es cerrado, lleva unida una aguja que marca en el cuadrante *H* diferentes puntos; la presion del vapor en el interior del tubo le hace desarrollarse mas ó menos, y la aguja marca en el cuadrante *H* puntos que indican la presion en atmósferas; la graduacion se hace comparando con otro de aire comprimido. Este aparato es el mas sencillo y cómodo, por no tener ninguna parte fragil que pueda romperse y por su tamaño reducido: acaso la flexibilidad del tubo *BAC* varie con el uso. Se construyen de forma circular y ovalada, y para presiones hasta de 25 atmósferas: su precio en París es de 50 á 75 francos.

Fig. 130.



252. Principio de Arquimedes en los gases. Al ocuparnos de los líquidos demostramos el principio de Arquimedes aplicado á ellos (167), pero es evidente que podrá repetirse la misma demostracion con los gases, sin mas que suponer sustituida á la masa líquida (*fig.* 88) una gaseosa; luego el principio de Arquimedes tambien es cierto para los gases. Puede además demostrarse que un cuerpo pierde parte de su peso en el aire con el aparato llamado *baróscopo* (*figura* 131). Consiste en una cruz de balanza, que lleva suspendidas en sus estremos dos esferas *A* y *B* del mismo peso pero de diferente volumen, por ejemplo las dos de laton, hueca la *B* y maciza la *A*; se ponen en equilibrio por medio de un tornillo *C*, donde va suspendida la esfera *B*, el cual aumenta ó disminuye el brazo de palanca. Coloquemos el aparato debajo de una campana de la cual se estrae el aire, y entonces veremos inclinar la balanza á la parte de la esfera de mayor volumen; esto prueba que en el aire las dos esferas perdian parte de su peso, cuya pérdida recobran quitado el aire; pero la de mas volumen perdia mas, y por eso recobra tambien mas y no puede existir el equilibrio. Si despues entra el aire en la campana vuelven á estar en equilibrio, porque se establecen las condiciones que al principio tenian. Si se sumerje un cuerpo en un gas que en igual volumen pese

Fig. 131.

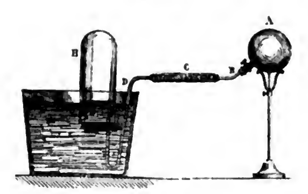


menos, el cuerpo caerá dentro del gas; si este y el cuerpo sumerjido pesan lo mismo en igual volumen, quedará el último en equilibrio dentro de la masa del primero, esto es, quedará *equiponderante;* y si el gas es mas pesado en volumen igual, el cuerpo flotará. La esplicacion de estos fenómenos será la misma que hemos dado al tratar de los cuerpos sumerjidos en los líquidos (167, 168).

253. Densidad de los gases. Las densidades de los gases se comparan con la del aire que se toma por unidad, pues comparando con la del agua estarian representadas por fracciones muy pequeñas, y se prefiere el aire porque se encuentra en todas partes y épocas en las mismas circunstancias. Como hemos visto que los gases con igual presion se comprimen lo mismo (246), y veremos que el calor los dilata y comprime tambien igualmente, resulta que al comparar la densidad de los gases podemos tomar una presion y estado de calor cualquiera, siempre que sean iguales para los dos. Por tanto en los gases se llama *peso específico á la relacion entre los pesos de dos volúmenes iguales, uno de gas y otro de aire á la misma presion y en igual estado de calor.*

254. Peso específico de los gases. Los métodos que se indican para encontrar el peso específico de un gas llevan consigo alguna causa de error, por tener que hacer el vacío en los aparatos; pero hecho siempre hasta el mismo punto se evita en lo posible. Tomemos un recipiente esférico ó *balon A* (*fig.* 132), que tenga en su boca una llave; hagamos el vacío en él, poniéndole en la máquina neumática, para lo cual debe estar dispuesto de modo que su boca pueda adaptarse á dicha máquina; vacío el balon pesémosle, y tendremos su peso, menos lo que pierde sumerjido en el aire: coloquemos en su boca un tubo *B* bien adaptado, y que comunique con otro ancho *C* en donde habrá una sustancia que pueda quitar al aire la humedad que tiene; esta sustancia será cloruro de calcio, potasa cáustica ó cal viva: abriendo la llave del balon el aire entrará en él; pero como no tiene otra entrada que el tubo *C* atravesará el cuerpo colocado en este tubo, y dejando la humedad llegará seco: en tal estado se cierra la llave, y pesando tendremos el peso del balon menos lo que pierde sumerjido en el aire, mas el peso del aire que ha entrado, como antes hemos averiguado el peso del balon con la pérdida, restando tendremos lo que pesa el aire que contiene, el cual estará á la presion y en el estado de calor de la atmósfera: hagamos de nuevo el vacío en el balon y pongámosle otra vez los tubos *B* y *C*, pero este último comunicando por medio del *D* con una campana *H* que contenga el gas cuyo peso específico se busca: abriendo la llave, el gas de *H* pasará por *D*, *C* y *B*, secándose al pasar por *C;* pesando de nuevo se tiene el peso del balon con la pérdida por su inmersion en el aire y el peso del gas, y restando la primera cantidad se tiene el peso del gas que contiene el balon en el estado de calor de la atmósfera; y para que la presion sea tambien la de esta, es necesario cuidar de que cuando se encuentra el balon lleno, tenga el líquido dentro de la campana *H* la misma altura que en la cuba, lo que se consigue introduciendo aquella mas ó menos. Si en el tiempo de una operacion á otra el

Fig. 132.



calor y la presion no han variado, se divide el peso del gas por el del aire y se tiene el específico buscado sin tener que hacer correcciones. Antes de adaptarse el tubo *B* al balon, cuando este se va á llenar de gas, debe hacerse que salga alguna cantidad de él para espulsar el aire de los tubos, pues de lo contrario este aire se introducirá con el gas, y dará error en el peso. Propongamos como ejemplo buscar el peso específico del ácido carbónico. Tomemos un balon, en el que se hará el vacío, y pesándole en este estado supongamos que pesa 685^g,328; llenándole de aire del modo que hemos dicho y pesado de nuevo, sea su peso 687^g,306; tendremos que el aire contenido en él pesa 687^g,306—685,328=1^g,979: es necesario consultar el barómetro para conocer la presion al llenar el balon de aire, y tambien un aparato que nos indique el calor. Hagamos de nuevo el vacío, y llenando de gas ácido carbónico del modo que hemos esplicado, supongamos que pesa 688^g,343; restando el peso del balon antes hallado, tendremos 688,343—685,328=3^g,015 para peso del volumen de gas igual á él; consultemos el barómetro y el aparato de medir el calor, y si no ha variado, el peso específico del ácido carbónico será 3,015 : 1,978=1,524. Si hubiera variado la presion ó el calor se corrije el volumen ó se repite la operacion. Si conocemos el volumen del balon, podremos al tiempo de buscar el peso específico determinar directamente el peso de un volumen dado del gas.

255. Tabla del peso específico de los gases. La siguiente tabla indica el peso específico de los principales gases, y el peso en gramos de 1 litro de gas á cero grados de calor y presion de 0^m,76 de mercurio. Como resulta que el peso de 1 litro de aire es 1^g,2991, siempre que sea necesario le tomaremos igual á 1,3, y así tendremos que 1 metro cúbico de aire pesa 1^k,3.

NOMBRE DEL GAS.	DENSIDAD.	PESO DE 1 LITRO EN GRAMOS.
Aire atmosférico............	1,0000	1,2991
Cloro...........................	2,4260	3,2088
Acido carbónico............	1,5240	1,9805
Oxígeno........................	1,1026	1,4323
Azoe............................	0,9760	1,2675
Oxido de carbono...........	0,9569	1,2431
Amoniaco	0,5967	0,7752
Hidrógeno carbonado......	0,5596	0,7270
Hidrógeno.....................	0,0688	0,0894

256. Cuerpos flotantes en la atmósfera. Hemos dicho que un cuerpo sumerjido dentro de un gas se elevará en él, si pesa menos que un volumen del gas igual al suyo (252), de la misma manera que en los líquidos; por lo tanto, si tenemos un cuerpo tan ligero que en igual volumen pese menos que el aire, se elevará en la atmósfera: pero la densidad de esta decrece con la altura; luego lle-

gará el cuerpo á elevarse á un punto en el cual un volumen de aire igual al suyo pese lo mismo que él, y en este caso dejará de elevarse. Vemos por lo dicho que el cuerpo no se encontrará en las mismas condiciones que cuando flota en un líquido, porque en este caso el cuerpo está en parte fuera del líquido, y en el caso de flotar en la atmósfera el cuerpo se encuentra todo sumerjido en el aire. Supongamos que se llena un recipiente de poco peso con un cuerpo ligero, de modo que entre los dos pesen menos que el volumen de aire que desalojan; el recipiente así dispuesto se elevará en la atmósfera, segun lo que antes hemos dicho: si es un globo de tafetan ó papel, y le llenamos de aire caliente, que por estar dilatado tendrá menos densidad que frio, ó le llenamos de otro gas que sea menos denso que el aire, tendremos un cuerpo que podrá elevarse en la atmósfera, y que se llama un *globo aereostático*.

257. Globos aereostáticos. El primer globo que se elevó en la atmósfera fue construido por los hermanos Montgolfier, en Annonay, el 5 de junio de 1785. Era un globo formado de tela, forrado con papel, de 11 á 12 metros de diámetro, y le llenaron de aire caliente ó humo, quemando debajo de su boca papel y paja húmeda; por esta causa se da el nombre de *mongolfieras* á los globos que se elevan con el aire caliente. Despues se sustituyó el gas hidrógeno al aire caliente, habiéndose elevado el primer globo por Charles el 27 de agosto del mismo año en París. Rozier con otro compañero fueron los primeros que se elevaron en la atmósfera el 21 de noviembre del mismo año, valiéndose de un globo lleno de aire caliente; y el 1.° de diciembre siguiente, Charles y Robert se elevaron en uno lleno de gas hidrógeno. Desde esta época las ascensiones aereostáticas se han repetido hasta el punto de ser en el dia enteramente comunes, y escitar por lo tanto muy poco la curiosidad, teniendo que acompañarlas para llamar la atencion alguna circunstancia particular, como la de ser un hombre montado en un caballo, ó haciendo ejercicios en un trapecio el que se eleva; ó como la ejecutada en el campo de Marte en París por Mr. Poitevin y su esposa en julio de 1851, que se elevaron en una carretela tirada por dos caballos, con la cual volvieron á París á su descenso. Pero entre todas las ascensiones ejecutadas hasta el dia, ha sido la mas importante la de Gay-Lussac en 1804, porque su objeto fue científico, y en ella hizo muy útiles observaciones, habiéndose elevado á 7000 metros, ó sea algo mas de legua y cuarto: el viaje duró 6 horas y en este tiempo anduvo cerca de 30 leguas. Para elevar un globo aereostático, si solo se trata de un esperimento curioso, se podrá formar de papel, que se escojerá fuerte y delgado, uniendo con engrudo los diferentes pedazos, y dejándole una boca ancha; su diámetro podrá ser 3 á 4 varas: en seguida, bien plegado, se pone boca abajo y se enciende un cuerpo cualquiera que produzca humo, por ejemplo paja ó pedazos de papel, y este humo se hace entrar en el globo. Cuando se encuentra lleno se suelta de las cuerdas que deben sujetarle á unas perchas clavadas en el suelo, y se elevará mas ó menos segun sus dimensiones y el calor del aire que tiene dentro. Cuando este se enfria descenderá el globo, y para que no sea tan pronto puede ponerse suspendida debajo de su boca una porcion de papel ú otro cuerpo ardiendo, y hará que el aire del globo esté caliente algo mas tiempo. En estos globos de aire caliente, construidos de tafetan ó tela ligera, suelen tambien á veces elevarse personas, pero es imprudente, porque el aereonauta va á merced del globo y no puede evitar el caer

donde quiera que sea cuando el aire se ha enfriado: puede tambien una ráfaga de viento volver ó ladear mucho el globo, y entonces el aire caliente se saldrá y el aereonauta caerá precipitado; es verdad que se elevan poco estos globos y caen pronto, pero sin embargo son muy poco seguros. Cuando el globo haya de elevar personas debe llenarse de gas y hacerle cerrado; en este caso el globo será de tafetan fuerte, construido de varias piezas unidas que formen proximamente una esfera; el tafetan se barniza para que retenga el gas, y las piezas se cosen, y barnizan tambien las costuras. Este barniz se hace de varias maneras: en un principio era tafetan engomado, pero se hace ahora en lugar de la goma un barniz de aceite secante de linaza, y una disolucion de caoutchouc ó goma elástica en aguarrás. Tambien se construyen globos de la tela impermeable formada con dos tafetanes unidos por una capa de goma elástica; y otras veces el tafetan se barniza con la disolucion ó barniz de goma copal. El globo tiene una pequeña boca por donde entra el gas, la cual se cierra cuando está lleno; debe tener otra abertura en la parte superior, que estará muy bien cerrada, pero que el aereonauta podrá abrir ó cerrar por medio de un cordon. Se une al globo una barquilla de mimbres ó de otro cuerpo ligero, donde se colocan los aereonautas con todos los útiles necesarios en su viaje; pero como la barquilla no podrá unirse al globo directamente, porque la tela de que está formado no resistiria el peso que contiene y se romperia por la union, va el globo cubierto ó mas bien introducido en una red, y la barquilla se une á varias cuerdas que salen de ella, sirviendo además para hacer al globo mas resistente. El gas que se emplea generalmente en el dia cuando la ascension se hace en un punto donde se fabrica para el alumbrado, es el mismo empleado con este objeto, que es el hidrógeno carbonado mas ó menos puro, cuya densidad (255) es algo mayor que la mitad de la del aire, y con este gas se han hecho tambien en Madrid las ascensiones verificadas en estos últimos tiempos; pero el hidrógeno es $14^1/_2$ veces mas ligero que el aire y por tanto es preferible, porque la fuerza ascensional con este gas resulta mucho mayor aunque el globo sea mas pequeño. El hidrógeno se prepara en un aparato compuesto de varios toneles, que tienen un tubo de comunicacion con otro tonel mayor que contiene agua, por la que el gas pasa y se lava, marchando desde este al globo por medio de un tubo ó manga; puede tambien hacerse un pequeño *gasómetro* con un tonel ó cuba abierta, introducida con el fondo arriba en otro tonel abierto de algo mas diámetro, que contenga agua. En los toneles menores se pone agua y limaduras de hierro ó pedazos de zinc, se tapan bien, y por un pequeño orificio que se tapará en seguida, se introduce ácido sulfúrico. Para darnos cuenta de la trasformacion que sufren estos cuerpos reunidos y de la produccion del hidrógeno, supongamos representados por círculos (*fig.* 133) cada uno de los elementos de los cuerpos mezclados: en la

Fig. 133.



primera línea tenemos agua formada con los círculos 1 hidrógeno y 2 oxígeno; despues zinc 3; y en fin, ácido sulfúrico formado con el círculo 4 oxígeno y el 5 azufre: lo primero que sucede se presenta en la línea 2.ª; el agua se descompone separándose el hidrógeno 1, que queda libre, y uniéndose el oxigeno 2 con el zinc 3 para formar óxido de zinc; en seguida el óxido de zinc formado 2,3 se une al ácido sulfúrico de 4,5, línea 3.ª, resultando el cuerpo llamado sulfato de zinc, que se encuentra en los toneles disuelto en el esceso de agua, quedando como al principio el hidrógeno libre, que se desprende y va al tonel de lavado por los tubos de comunicacion, que deben tener sus estremos introducidos en el agua, desde donde pasa luego, como hemos dicho, al globo. Deben dejarse perder las primeras porciones de gas, porque si no el aire que contiene el aparato mezclado con el mismo gas, pasará al globo. Para llenarle se tiene colgado de un pie derecho hasta que se mantenga por sí solo, y entonces se sujeta con cuerdas atadas á la red, que se fijan en estacas clavadas en el suelo y se van aflojando á medida que el globo se llena. Cuando contenga próximamente las dos terceras partes del gas que en él cabe no se debe introducir mas, porque al elevarse en la atmósfera, la disminucion de presion hace dilatar el gas, y esta dilatacion romperia el globo si estuviera completamente lleno. Cuando está dispuesto se ata la barquilla y se colocan en ella, además de los aparatos que el aereonauta quiera subir, como barómetro y otros científicos, una porcion de saquillos de arena que sirvan para alijerar el peso cuando sea necesario, y una áncora para que al bajar pueda servir como punto de apoyo. Debe tambien suspenderse á la barquilla una banderola, que por su posicion y movimiento indica si el globo sube ó baja y en qué direccion marcha. Todo así preparado y el aereonauta en su puesto, se sueltan las cuerdas que sujetan el globo, y este se eleva con mas ó menos rapidez segun su fuerza ascensional, hasta que encuentre un aire que pese lo mismo que él en igual volumen, y si lleva un barómetro, podrá calcularse la altura á que se ha llegado. En la ascension de Gay-Lussac, el barómetro desde $0^m,7652$ que señalaba en tierra, bajó á $0^m,3288$; y el aparato indicador de temperatura, desde 27°,75 que marcaba, descendió á 9°,5 bajo 0: el estado de sequedad del aire era grande: observó además este físico que la circulacion de su sangre se aceleró de modo que el pulso, que en tierra marcaba 66 pulsaciones por minuto, llegó hasta 120, y su respiracion se hizo tambien anhelosa á causa de la poca densidad del aire: todas estas observaciones eran hechas en medio de un silencio que nada interrumpia, y cubierto de un cielo azul oscuro. Cuando el aereonauta observa que el globo está completamente lleno por haberse dilatado el gas, debe abrir la válvula inferior para que el gas no esté comprimido contra el tafetan y rompa el globo. Si llega á un punto en donde encuentra vientos que le hacen marchar en direccion contraria á su deseo, puede elevarse mas, arrojando lastre, es decir, parte de la arena, ó descender abriendo la válvula superior para dar salida al gas y hacer mas pesado el globo por su menor volumen, hasta llegar al punto conveniente si le es posible. Cuando quiere descender abre tambien la válvula; y si ve que va á caer en un sitio donde no le conviene, arroja lastre y se eleva hasta que vea un paraje á propósito para el descenso; en este caso abre de nuevo la válvula y desciende, pero si lleva áncora debe echarla para que le sirva de apoyo y acabar de descender; si no deberá hacer salir tanto gas como sea necesario para que pueda abandonar la barquilla sin peli-

gro de que la falta de su peso haga elevarse de nuevo al globo: esto en el caso de no tener quien le ayude á sujetarle.

258. Cálculo de la fuerza ascensional de un globo. Para calcular en un punto dado la cantidad de peso que un globo puede elevar, tendremos que saber el peso del globo y el peso del aire que desaloja. La diferencia de estas dos cantidades nos dará el peso que puede elevar, quedándole mas ó menos fuerza ascensional. Supongamos un globo de 12 metros de diámetro: su volumen se encuentra multiplicando su radio 6 metros por sí mismo 2 veces $6\times6\times6=216$, y esta cantidad se multiplica en todos los casos por el número 4,1888 y será en el presente $216\times4,1888=900$ metros cúbicos próximamente, que es el volumen del globo; pero como hemos dicho que debe estar lleno solo á los dos tercios, contaremos 600. Segun la tabla (255), 1 litro de hidrógeno pesa $0^{g},0894$, ó lo que es lo mismo, 1 metro cúbico pesa $0^{k},0894$; los 600 metros pesarán $0,0894\times600=53^{k},64$ á la temperatura y presion que dice la tabla; pero contemos este número como exacto, pues el gas dilatado pesará menos, y queda el error en beneficio de la fuerza ascensional. Para calcular el peso del aire desalojado, es necesario conocer la altura barométrica en el punto donde se ha de hacer la ascension. Supongamos que es en Madrid, y que la altura sea 0,71; 1 litro de aire á esta presion pesa menos que á 0,76, y sería un error calcular con la última; en efecto 1 metro cúbico de aire á 0,76 de presion pesa $1^{g},299$; y como las densidades son proporcionales á las presiones, ó lo que es lo mismo, los pesos de igual volumen (171), tendremos que si 1 metro cúbico á 0,76 pesa $1^{k},299$, á 0,71 pesará $0,76 : 1,299 :: 0,71\ x := 1^{k},214$: de modo que los 600 metros cúbicos á la presion de 0,76 pesan $600\times1,299=779^{k},4$, y á la presion de 0,71 pesan $6\ 0\times1,214=728^{k},4$; estos números tienen una diferencia $7794-728,4=51$ kil., que bastaría para elevar á una grande altura el globo, pues solo se dejan para fuerza ascensional 8 ó 10 kilógramos de diferencia entre el peso del globo y el del volumen de aire que desaloja: esta es la causa por qué un globo que sube en Cadiz ó Barcelona puede no subir en Madrid, pues elevándose en estos puntos á una altura de 2.000 pies, todavía se quedaría mas bajo que Madrid, que se encuentra elevado sobre ellos 2.290 pies. Contando, pues, que la ascension se hace en Madrid con la presion supuesta, la diferencia entre el peso del aire y del hidrógeno será $728,4-53,64=674,76$. Contemos para peso del globo y red, barquilla, lastre y demás 200 kil., tendremos $474^{k},76$, que quitando 10 para fuerza ascensional quedan 464 kil. ó 40 arrobas, fuerza suficiente para elevar 6 personas regulares. El globo al elevarse conserva su fuerza ascensional entera en tanto que el gas tiene espacio para dilatarse y llenarle completamente, pues si bien el aire desalojado disminuye en densidad, tambien es mas cantidad la que se desaloja por aumentar el gas, y por tanto hay compensacion; por esto la fuerza de 8 á 10 kil., que hemos dicho para ascensional, hace elevar el globo á mucha altura.

259. Para-caidas. Algunos aereonautas bajan por medio de para-caidas, que son unos aparatos exactamente de la forma de paraguas, formados de una tela fuerte y con cordones al estremo de las varillas: estos aparatos sostienen la barquilla donde va el aereonauta, y están recojidos y suspendidos del globo. Cuando se ha de descender se desprenden de este, y la resistencia que les opone el aire los hace abrir, de modo que presentando mucha superficie tienen que desalojar una canti-

dad grande de aire al bajar, y por tanto descienden con muy poca velocidad, sosteniendo al aeronauta. Deben tener en el centro un agujero, para que el aire comprimido bajo del aparato salga por él y no lo rompa. Tiene este método el inconveniente por lo menos de perderse el globo.

260. Advertencias para una ascension. Las ascensiones aerostáticas no son peligrosas, preparadas de la manera que hemos dicho; pero una imprudencia puede ser muy funesta al aeronauta. Téngase presente que el gas hidrógeno ó el del alumbrado son inflamables, y que el globo es un cuerpo que no pesa nada en la atmósfera, pues pierde todo su peso sumerjido en ella (256), y presenta grande superficie para recibir el empuje de los vientos, de modo que el aeronauta no sabe dónde puede ir á parar ni el espacio que correrá.

261. Direccion de los globos. Muchas son las tentativas que se han hecho para dar direccion á los globos, pero hasta el dia todas han sido inútiles: la poca resistencia que el aire ofrece como punto de apoyo, y el encontrarse sumerjido el globo en la atmósfera, han sido obstáculos que, unidos al efecto que producen sobre él los vientos en movimiento en las diferentes regiones atmosféricas, no se han podido vencer hasta el dia. Tambien se han inventado otros aparatos para viajar en la atmósfera, pero ninguno ha producido los resultados que sus autores se prometian.

262. Aparatos que ponen el aire en movimiento. Varios son los aparatos con que el aire se pone en movimiento; el mas sencillo es el fuelle (*fig.* 134), que se hace de mayor ó menor tamaño segun el uso á que se le destina. Se compone de dos tablas *AB*, de forma cualquiera, unidas por un estremo, en el que se coloca un tubo *D;* la tabla *A* está articulada en *H* para que pueda separarse mas ó menos de la *B;* en los bordes de estas tablas se sujeta un cuerpo flexible, generalmente una piel, que forma con ellas un recipiente cerrado, el cual puede hacerse mayor ó menor uniéndolas ó separándolas: la *B* tiene en *C* un orificio cerrado con una válvula *S*. Cuando *A* se va separando de *B* el aire de fuera entra por *C* á llenar el espacio interior, y despues, al unir la tabla *A* con la *B*, este aire comprimido cierra la válvula *S* y sale por el tubo *D*. Pueden hacerse dobles para producir una salida de aire contínua. Se hace tambien uso de bombas impelentes de simple ó doble efecto, cuya descripcion veremos mas adelante. Se pone igualmente en movimiento el aire por medio de ventiladores, que son aparatos muy sencillos y útiles, y que por tanto vamos á describir (*fig.* 135). En una caja *A* de madera se hace una parte saliente *B* semicircular con un agujero en el centro de cada lado: por estos agujeros pasa un eje cuadrado *C*, al que se clavan 4 paletas de madera, cuya longitud es poco menor que el radio del semicírculo *B;* en la caja *A* delante de las paletas se pone un arnero *H* cuadrangular inclinado, y que pasa de una á otra de las paredes laterales de la caja: este arnero puede ser de cuero ó de tela

Fig. 134.

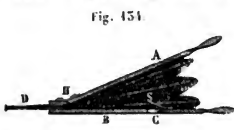
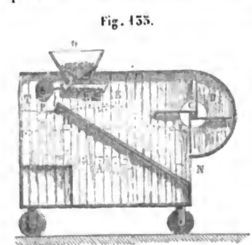


Fig. 135.



metálica, y mas ó menos abierto, segun el uso á que se le destine. Encima de él hay una caja abierta *D*, que recibe lo que se haya de aventar, y debajo de esta puede ponerse otro arnero *E*, que se mueva sobre un rodillo *R*, y reciba un movimiento alternativo por medio de la escéntrica: el eje *C* se pone en movimiento por la parte esterior con un manubrio, y las paletas mueven el aire, que por la fuerza centrífuga entrará sobre el arnero *H*, saliendo por *T* y reemplazándose por los agujeros que dan paso al eje. El cuerpo que se haya de aventar va cayendo desde la caja *D* al arnero *E* que recibirá movimiento por medio de una correa ó simple cuerda que desde el eje pase al de la escéntrica. De este arnero cae al *H*, donde el polvo marcha por entre sus mallas, y el cuerpo limpio cae por *N*. Este ventilador, muy facil de construir, que puede ponerse en movimiento por un hombre cómodamente, es de grande utilidad para limpiar granos y airearlos, para quitarles el coquillo y para otros varios usos: en la fabricacion de cerveza se suelen separar las raicillas secas de la cebada tostada en aparatos semejantes. Puesto sobre ruedas, como indica la figura, es tambien muy facil de trasportar. Hemos aplicado el aire puesto en movimiento por medio de paletas á un ventilador ó aventador, pero es evidente que se puede aplicar á otros muchos usos, variando convenientemente el aparato; y en efecto con diversas formas, ya de los aparatos ya tambien de las paletas, se ha aplicado á ventilacion de minas y habitaciones, pero no es de este tratado entrar en mas detalles

263. Trombas. En los paises de montaña donde hay abundantes caidas de agua, suelen construirse unos aparatos llamados *trombas* (*fig.* 136); su objeto es producir una corriente de aire que puede servir para alimentar una fragua ó para otro uso semejante. Se compone de un recipiente *A* que recoje el agua, y de este cae por un tubo *B* al que entra por el cono *C*, de modo que la vena líquida no llena el tubo; el agua al caer arrastra consigo una porcion de aire que entra por dos aberturas *D* colocadas en lo alto, y este aire y el agua se reunen en un recipiente *H*, en donde el aire acumulado sale por *R* al hornillo ó crisol, y el agua se va por *T*: una válvula *P* cierra ó abre la entrada del agua en el tubo. Este aparato es sencillo, pero aprovecha 10 ó 15 por ciento del efecto util todo lo mas, por lo cual debe sustituirse con otro que aproveche mayor cantidad del efecto que puede producir el agua.

Fig. 136.



264. Velocidad del aire. Para averiguar la velocidad del aire en movimiento, se hace uso del aparato llamado *anemómetro*, debido á Combes, y que es el mismo aparato de Woltmann (*fig.* 105), pero modificado algo en la forma, y sobre todo en la graduacion que se hace al aire; siendo además su movimiento muy facil para que una pequeña fuerza le haga mover. El viento tiene distintas velocidades, y segun ellas recibe varios, nombres. La tabla siguiente indica la velocidad de cada viento y el nombre que mas comunmente recibe; pero en cada localidad suelen variar estos nombres, dándose tambien otros segun la direccion que aquellos tienen.

NOMBRE DEL VIENTO.	VELOCIDAD POR SEGUNDO EN METROS.
Viento apenas sensible	1
Viento débil	2
Brisa ó fresco	6
Viento mas conveniente á los molinos	7
Buen fresco	9
Gran fresco	12
Viento fuerte	15
Viento impetuoso	20
Gran tempestad	27
Huracan	36
Huracan que derriba edificios y arranca árboles.	45

265. Viento como motor. Se emplea el viento como motor en los barcos de vela, produciendo un movimiento rectilíneo, y en los molinos, donde le produce de rotacion en un eje. Tambien el aire es el que trasmite el sonido en los instrumentos músicos, ó al vibrar los cuerpos.

266. Mezcla de gases. Cuando dos gases se encuentran en presencia uno de otro se mezclan, de manera que el mas denso puede elevarse y el menos denso descender hasta encontrarse mezclados en las mismas proporciones en toda la masa; si se ponen dos recipientes uno encima de otro unidos y en comunicacion, el superior con hidrógeno y el inferior con ácido carbónico, este sube y aquel baja, encontrándose en los dos recipientes una mezcla igual de los dos gases, á pesar de ser el hidrógeno mas de 22 veces mas ligero que el ácido carbónico (255). Puede verse en un manómetro de gas comprimido, que la presion que esta mezcla produce sobre las paredes del vaso que la contiene es igual á la suma de las presiones de los dos gases. Cuando se pone en contacto con el aire atmosférico un gas cualquiera, aunque el recipiente que le contenga esté en la posicion mas conveniente para retenerle, á poco tiempo habrá desaparecido, porque se habrá mezclado con la atmósfera, que es de un volumen incomparablemente mayor que el del gas. Todo lo que dejamos dicho se entiende con los gases que no se combinan, sino que simplemente se mezclan.

267. Mezcla de gases y líquidos. Cuando un líquido se mezcla con un gas, lo hace en cantidades diferentes segun los diversos gases; el azoe es apenas soluble en el agua, y en una parte de esta pueden disolverse 430 de amoniaco. Para el mismo gas, la presion mayor y el calor menor hacen disolver mayores cantidades, y el agua disuelve un gas en la misma cantidad cuando está pura que cuando tiene ya otro gas en disolucion. Si la presion disminuye en un líquido que contiene un gas en disolucion, este se separa del líquido; así se observa al descorchar una botella de cerveza ó Champagne, y cualquier bebida gaseosa: el ácido carbónico que se desprende del líquido se encuentra comprimido con

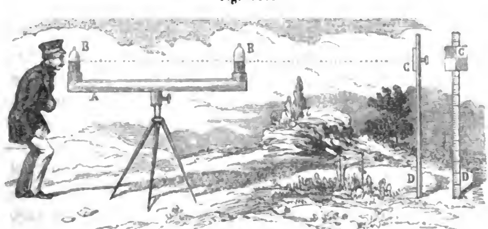
el corcho, produciendo una presion grande el mismo gas que se desprende, pero en el momento que el corcho falta cesa esta presion, y el gas se marcha formando espuma por la viscosidad del líquido, y perdiéndose todo el que retenia el esceso de presion atmosférica; puesto luego el líquido restante en la máquina neumática ó calentándole pierde casi completamente el gas que todavía le quedó. Tambien el agua pierde por el calor la cantidad de aire que tiene en disolucion, y se hace insípida é indigesta.

CAPITULO XV.

APARATOS FUNDADOS EN LAS PROPIEDADES DE LÍQUIDOS Y GASES.

268. Nivel de agua. El nivel de agua (*fig.* 137) es un aparato que tiene por objeto determinar puntos de una línea horizontal que se supone trazada en el espacio. Se compone de un tubo de hojadelata ó laton *A*, doblado por sus estremos, en los cuales lleva dos tubos de cristal *B*, y está colocado sobre

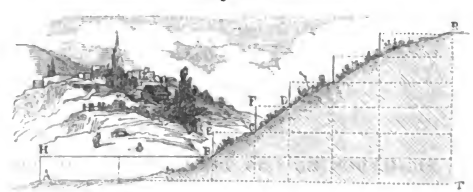
Fig. 137.



un trípode; echando agua en el tubo *A* en la cantidad suficiente para que se llene y salga á los tubos *B*, el líquido quedará en el mismo plano horizontal en los dos (193), y mirando por encima de las superficies á un objeto colocado á la distancia conveniente, que es lo que se llama dirijir una *visual*, podremos marcar en él un punto *C* en la prolongacion de la horizontal *BC*. A este aparato acompaña otro *CD* llamado *mira*, que consiste en una regla dividida en partes, conforme la unidad de medida que se adopte, vara ó metro; lleva esta regla una plancha de madera ú hojadelata, que puede moverse á lo largo de ella, y cuando es necesario sujetarse con un tornillo; esta plancha se pinta con dos colores que contrasten bien, como blanco y negro, para que presente un punto visible á distancia, haciendo el pintado de modo que la divida en dos ó cuatro partes. El observador manda subir ó bajar esta plancha hasta que la visual pase por el punto *C*, y en las divisiones de la regla se lee la altura del punto sobre el suelo. Tres problemas pueden resolverse con el nivel de agua. Supongamos un terreno incli-

nado (*fig.* 138); pongamos el nivel en *A*, y dirijamos la visual hasta que encuentre al terreno en *B;* en este punto haremos *estacion* tambien poniendo el nivel y dirigiendo la visual á *C*, que será luego otra estacion para una nueva visual á *D*, y así sucesivamente. En estas operaciones, si medimos las alturas *AH*, *BE*, *CF*.... por medio de una plomada desde la superficie del líquido al suelo, tendre-


Fig. 138.



mos, sumándolas, la línea *RT*, que es la altura vertical del punto *R* sobre el *H*, ó la diferencia de nivel de los dos puntos. Si se miden las líneas *HB*, *EC*, *FD*... tendremos la distancia horizontal *AT* entre el punto *A* y el *R;* y si medimos estas distancias y las alturas que antes hemos dicho, podremos con arreglo á una escala trazar sobre el papel la forma *ABCD*...*R* del terreno. Las diferentes circunstancias de cada caso particular harán variar la operacion en sus detalles.

269. Nivel de aire. Hay otro nivel llamado de aire (*fig.* 139), que consiste en un tubo de cristal, cerrado, lijeramente encorvado, y lleno de un líquido cualquiera, pero conteniendo tambien en su interior una pequeña cantidad de aire: este tubo está metido dentro de otro de laton que le deja descubierto en su medio, y todo se monta sobre una regla del mismo metal. Puesto el aparato en un plano horizontal, el aire como mas lijero sube á la parte alta del tubo, y se coloca entre dos señales marcadas en la misma armadura. Si el plano sobre que se pone el nivel no es horizontal, subirá el aire siempre á la parte mas alta, pero en este caso no será la comprendida entre las dos señales. Este nivel es muy sensible, y es el que se une á muchos aparatos que deben estar en posicion horizontal, como ya hemos visto en la balanza (132), pues este es el nivel que se emplea para poner horizontal el tablero que la sostiene.

Fig. 139.

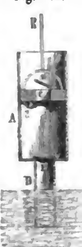


270. Bombas. Las bombas son aparatos para poner en movimiento los líquidos y los gases, y entre sus aplicaciones, es una importante la de elevar el agua, á cuyo uso las consideraremos aplicadas al darlas á conocer. Se dividen en *aspirantes* é *impelentes*, pudiendo ser tambien aspirantes é impelentes al mismo tiempo.

271. Bomba aspirante (*fig.* 140). Esta bomba se compone de un tubo *A*, llamado *cuerpo de bomba*, en el que se mueve un *émbolo* ó *piston* *B* que tiene un orificio *C*, el cual está cerrado con una pequeña tapa *S* sujeta en un punto, pero que se mueve facilmente en él; estas tapas se llaman *válvulas*, y se disponen de muchas maneras: en la parte inferior tiene el cuerpo de bomba otro tubo *D* llamado *de aspiracion*, y en la union de estos dos tubos hay otra válvula *E*. Suponga-

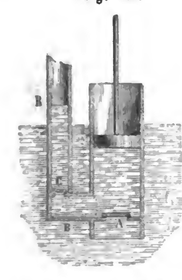
mos el émbolo en la parte mas baja del cuerpo de bomba, las dos válvulas estarán cerradas por su peso; elevándole por medio de una fuerza aplicada al vástago *R* la válvula *S* no se abrirá, pues su peso y el de la atmósfera la mantienen cerrada; el aire contenido en el tubo de aspiracion, que solo queda comprimido

Fig. 140.



por la válvula *E*, hace presion debajo de ella y la abre saliéndose al cuerpo de bomba; pero no puede hacer equilibrio á la presion atmosférica por encontrarse dilatado, y el agua que fuera del tubo *D* tiene la atmósfera que le comprime, y dentro una presion menor, se eleva en el tubo hasta que el equilibrio se restablece con el aire y la columna líquida: bajando en seguida el émbolo, la válvula *E* se cierra por su peso y permanece despues cerrada por estar comprimida con el aire del cuerpo de bomba, de modo que no permite la entrada de este aire al tubo de aspiracion, y por tanto el agua elevada en este no bajará; pero el aire del cuerpo de bomba comprimido por el émbolo abre la válvula *S*, y por *C* sale al esterior: volviendo á elevar el émbolo se cierra la válvula *S*, la *E* se abre, y se repite lo dicho. continuando de este modo llega el agua al cuerpo de bomba, y en tal caso al bajar el émbolo sale esta agua por *C* á la parte superior de él, siendo despues elevada por la fuerza que se aplica al vástago, que habrá de elevar la columna de agua que se vaya formando encima del émbolo. En esta bomba es facil comprender que si el tubo de aspiracion tiene mas de 32 pies de largo, el agua no se elevará en él hasta llegar al cuerpo de bomba (227); pero todavía en la práctica se deberá dar menos altura, pues si el aire entra al tubo de aspiracion por alguna parte, aunque sea en pequeña cantidad, la columna líquida disminuirá; además, si el émbolo no ajusta bien, al subir deja entrar aire que impedirá el que se forme el vacío sobre la columna de agua, y esta será menor: por todo lo dicho, el tubo de aspiracion no debe pasar de 25 á 26 pies, suponiendo la bomba bien acondicionada; pero cuando el agua ha llegado sobre el émbolo podrá subir á cualquier altura aplicando la fuerza necesaria, que será facil calcular, pues el peso que hay que elevar es el del émbolo y el vástago, y el de la columna de líquido, que se encontrará multiplicando la superficie del émbolo medida en decímetros cuadrados por la altura de la columna tambien en decímetros, y el producto será kilógramos, que es el peso de cada decímetro cúbico de agua; además habrá que aumentar la fuerza por la que se pierde á causa del frotamiento y demás resistencias pasivas.

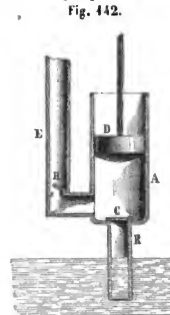
Fig. 141.



272. Bomba impelente (*fig.* 141). Se compone de un cuerpo de bomba con su émbolo, que en este caso es cerrado, y tiene tambien en la parte inferior una válvula *A* que se abre de abajo para arriba; lateralmente y mas elevado que la válvula hay un tubo *R*, con otra *C* que tambien se abre hácia arriba; todo el aparato está dentro del agua, de modo que el cuerpo de bomba se encuentra lleno de ella: supongamos que baja el émbolo; la válvula *A*, que estará cerrada por su peso, comprimida por el líquido, no se abrirá; pero la *C*, que recibe una

presion por debajo, se abre y deja salir el agua; elevando despues el émbolo, la válvula *C* se cierra por su peso y el del agua que tiene encima, y la *A*, que se encuentra comprimida por el líquido esterior, se abre y le deja entrar; bajando luego el émbolo se vuelve á cerrar *A* y á abrir *C*, y se repite lo dicho. Esta bomba tambien elevará el agua á una altura cualquiera, siempre que la fuerza que la obliga á elevarse en el tubo *B* sea suficiente; y para calcularla habrá que medir, como hemos dicho en las bombas aspirantes (271), la columna líquida que ha de elevarse, añadiendo el frotamiento y demás resistencias, y restando el peso del émbolo y vástago que en este caso se agregan á la fuerza aplicada.

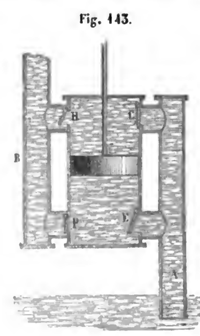
Fig. 142.



273. Bomba aspirante é impelente (*fig.* 142). Esta bomba se compone de un cuerpo *A* que tiene un tubo de aspiracion *R* con su válvula *C* como las aspirantes, y de un émbolo *D* cerrado y un tubo lateral *E* con válvula *H* como las impelentes; de modo que al elevarse el émbolo se abre *C* y permanece *H* cerrada por la presion esterior, subiendo el agua hasta el cuerpo de bomba, como hemos dicho en la aspirante (271), y cuando llega á este, la presion del émbolo la hace subir por el tubo lateral, como queda dicho en la impelente (272). Estas son las que generalmente se emplean en lugar de las impelentes, porque están fuera del agua, y son mas fáciles de registrar y reparar en caso necesario, pudiendo dar al tubo *R* una altura de 25 á 26 pies, como antes se ha dicho (271).

274. Bomba de doble efecto. La bomba impelente puede hacerse tambien de doble efecto ó de salida contínua, porque las que hasta ahora hemos

Fig. 143.

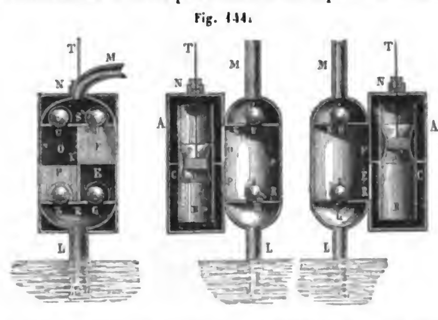


esplicado son intermitentes, pues si al moverse el émbolo en una direccion eleva el agua, al moverse en la contraria no la eleva. Para hacerla contínua (*fig.* 143) se colocan dos tubos *AB* laterales al cuerpo de bomba; el *A* es de aspiracion y el *B* conduce el agua: estos dos tubos comunican con el cuerpo de bomba por la parte superior y la inferior de él, y tienen válvulas en todas las comunicaciones, dispuestas de modo que las *C* y *E* del tubo de aspiracion se abren hácia el cuerpo de bomba y las *H* y *P* del de conduccion se abren hácia fuera del cuerpo de bomba: elevando el piston se abren *E* y *H*, el agua entra debajo de él y sale por *E*, permaneciendo cerradas las otras dos válvulas por la presion del líquido; bajando despues el émbolo se cierran *E* y *H*, y se abren, la *C* que da entrada al agua en el cuerpo de bomba, y la *P* que la deja paso para que salga al tubo *B*.

275. Bomba Delpech. Una bomba de doble efecto presentada á la esposicion universal de París, en la que fue premiada y adoptada despues en la marina de Francia, es la dispuesta por Delpech, que vamos á describir. La *figura* 144 indica primero una vista de frente, quitada la plancha que debe cerrarla por este lado, y despues dos cortes por el medio, en los que se ve la bomba por

los dos costados: las letras iguales representan en las tres figuras la misma cosa. Se compone la bomba de un recipiente cerrado *A* que tiene la caja *N* por donde pasa el vástago *T* del émbolo; dentro de este recipiente hay un tubo *B* de menor diámetro, abierto por sus dos estremos, y unido al *A* por un diafragma *C* que intercepta la comunicacion de la parte inferior del espacio entre el tubo *B* y *A* con la parte superior, en este tubo *B* se mueve el émbolo *D*. Al recipiente *A* está unida una caja dividida en dos partes incomunicadas por la pared *K* vertical; una de estas dos partes comunica con la inferior de *A* por *E* y la otra con la superior por *O*, estando interceptadas las demás partes por las paredes *F* y *P*. Tiene tambien esta caja en su parte inferior y superior dos diafragmas *R* y *S*, en los que hay cuatro válvulas *Z*, *G*, *U* y *H*, y á ella están unidos el tubo de aspiracion *L* y el de salida *M*. Al elevar el émbolo el agua entra por *G* y *E* á la capacidad inferior de *A*, manteniéndose cerrada *H*, y al mismo tiempo, comprimiéndose el aire ó agua que haya en la parte superior, sale por *O* y *U* al tubo *M*; al bajar el émbolo, el agua que entró en la parte inferior de *A* se comprime y sale por *E* y *H* al tubo *M* permaneciendo cerrada *G*; pero al mismo tiempo el vacío formado en la parte superior se comunica por *O* y se abre la válvula *Z*, entrando por ella el agua para llenar este vacío sobre el émbolo: en los dos casos, como vemos, el agua se aspira por *G* ó *Z* y sale á *M* por *U* ó *H*, de modo que es una bomba de doble efecto. Las válvulas son esferas de goma elástica que tienen en su interior una bala de plomo, y están colocadas encima de los orificios que han de cerrar, sin mas sujecion que un arco de alambre puesto de modo que las deja elevar, pero que las sujeta para que el agua no las arrastre al salir quitándolas de su puesto. Las ventajas de estas bombas son la sencillez, pequeña carrera del émbolo, espacio reducido que ocupan, facilidad para registrar las válvulas por encontrarse en la caja separada del cuerpo de bomba, y además un efecto útil mayor que en los otros sistemas. El autor las construye que dan de 1.000 á 1.500 litros de agua por minuto (500 á 750 azumbres), y últimamente dice haberlas perfeccionado, haciendo entre otras variaciones la de poderse ver y cambiar las esferas que sirven de válvula sin desmontar el aparato.

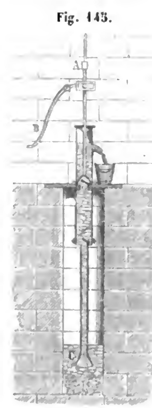
Fig. 144.



276. Bombas para pozos. Las bombas son de muchas aplicaciones, y en España no se encuentran tan generalizadas como en otros paises, en donde son de un uso frecuente y de grande utilidad: entre estas aplicaciones es una á los pozos de aguas claras. El método empleado para elevar el agua es el de colocar dos cubos á los estremos de una cuerda que se sostiene en una polea; pero si en lugar de este aparato se empleara una bomba de las esplicadas, el agua se elevaria con menos trabajo, habria economía una vez establecida la bomba, por-

que la soga y los cubos se gastan y una bomba muy poco, el pozo estaria enteramente cerrado, y su guarnecido, que los cubos destruyen, se conservaria sin deterioro: además, el pozo necesita menos diámetro, y su construccion puede ser mas económica. La *figura* 145 es una bomba aspirante que pudiera emplearse con este objeto; el émbolo en ella se mueve con poca fuerza por medio de la palanca *B;* tiene en la parte inferior *C* una cabeza de regadera para impedir que algun cuerpo estraño, como arena ó tierra, llegue al cuerpo de bomba, y el vástago sube vertical articulándose con la palanca, de modo que pueda girar lateralmente y dirigido por un anillo *A* fijo: el cuerpo de bomba se hace de dos trozos unidos con tornillos, y el tubo de aspiracion se une tambien del mismo modo: así se reparan con facilidad cuando tienen alguna avería.

Fig. 145.



277. Bomba de jardines. Una bomba muy util en los jardines, y que puede aplicarse en otros casos, es la que representa la *figura* 146. Se compone de un cuerpo de bomba *A* que tiene 3 pies de largo poco mas ó menos, y que puede ser de plomo, laton y aun de hojadelata, cerrado por su parte inferior y con agujeros laterales para que el agua entre sin dificultad: en esta parte inferior tiene una válvula y un tubo lateral *B* que tiene otra, de modo que con el piston *C* se completa la bomba impelente: metida en un cubo de agua se hace salir esta con fuerza y puede regarse á distancia; en el pico de salida se suele colocar una pieza *H*, que es una canal estrecha y larga que produce una lluvia: tambien se puede colocar la pieza *R*, que es un tubo recto á cuyo pico se une otro en arco cuya seccion es *S*, y así se divide mucho el agua: puede colocarse tambien el pico *N*, que es simplemente una plancha encorvada y unida á la punta de salida; el agua choca contra esta curva y se divide enteramente. Si en lugar de estas cabezas se adapta una manga de cuero ó lona fuerte, podrá dirigirse el agua á distancia para regar tiestos ó para otro uso cualquiera: la fuerza para mover estas bombas es tan poca, que un muchacho puede regar sin dificultad. Si se quiere hacer la salida contínua debe disponerse como marca la *figura* 147: un segundo cuerpo *A* enteramente cerrado se une al cuerpo principal, y un tubo *B* introducido en el cuerpo cerrado, da salida al agua: cuando esta entra en *A*, el aire se comprime por no tener salida, y su presion hace salir el agua de una manera contínua. Para hacer uso de estas bombas puede ser tambien el recipiente del agua, en lugar de un cubo, una caja de madera embreada colocada sobre una carretilla, como marca la figura, y así se podrá

Fig. 146.

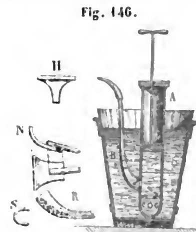
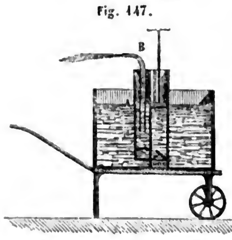


Fig. 147.



trasportar con la mayor facilidad. Este aparato será tambien una pequeña bomba de incendios muy útil en algunos casos.

278. Bombas de incendios (*fig.* 148). La bomba destinada á los incendios es una doble bomba impelente: los dos cuerpos *A* toman el agua por su parte inferior en el depósito *B*, donde todo el aparato se halla colocado; este agua pasa á otro depósito *H* cerrado, de donde sale por *D* á una manga de cuero tan larga como sea necesario. La fuerza que hace salir el agua es la presion de la que va entrando, y la del aire que contenia *H*, el cual comprimido tiende á dilatarse y hace presion sobre el agua, regularizando tambien su salida. Los émbolos se mueven por medio de una palanca *C* bifurcada en sus estremos, en los que puede ponerse un palo *E* para poder hacer funcionar el aparato por varios hombres; esta palanca fija en su centro hace subir un émbolo cuando el otro baja, y así el efecto es constante. Los émbolos deben tener una varilla *R* que entre en un anillo fijo, para que su movimiento sea vertical y no se inclinen por la curva que describen los puntos de union con la palanca *C;* las válvulas deben tener tambien un tope *S* que las impida elevarse mas de lo necesario, para que caigan siempre en su lugar. Este aparato, que se coloca sobre ruedas, es sumamente útil en los incendios, y hasta ahora es el único que se emplea con ventaja, pues los muchos medios que se han propuesto para apagar el fuego no han dado resultados bastante satisfactorios; pero estas bombas necesitan estar bien servidas y completas de todos sus accesorios; las mangas de cuero deben hallarse perfectamente acondicionadas para que no pierdan el agua, y son mas ventajosas en trozos cortos de solo 15 á 20 pies; así se manejan con mas comodidad, se deterioran menos, y se pueden hacer de la longitud necesaria. El caoutchouc volcanizado, vulgarmente llamado goma elástica, reemplazaria con mucha ventaja al cuero, pues las mangas serian mas flexibles, de mayor duracion, y no necesitan costura: en los de cuero se hace esta costura, ó con cabos fuertes de cáñamo, ó con alambre de cobre. Para unir los trozos de las mangas de una manera cómoda, ya sean de cuero ó ya de goma, se puede emplear el método siguiente (*fig.* 149): en una pieza ó tubo de laton *A* se ata la manga, y para que se sujete bien tiene aquella algunas canales en su circunferencia; la figura representa un lado en corte y otro entero para que se entienda esta atadura: el tubo termina á rosca, y en esta se introduce una tuerca *B* hasta la gola *C;* el estremo *H* de otro tubo semejante tiene la parte de rosca igual á la mitad de longitud que el tubo *A;* se unen los dos al tope, y destornillando la tuerca *B* se introduce en el otro tubo hasta su gola, y hace una union fácil y perfecta. Para llevar agua al depósito de la bomba debe haber cubos á propósito, y los mejores son de lona fuerte, compuestos sencillamente

Fig. 148.

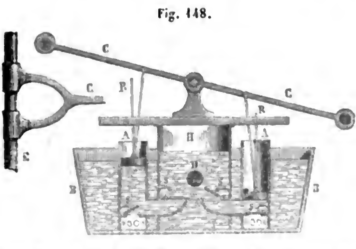
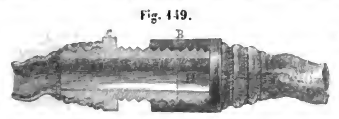


Fig. 149.



de dos aros de hierro en los estremos y una asa de cuerda en su parte abierta: estos cubos pesan poco, y sobre todo, el espacio que ocupan es muy pequeño. Para conducir el agua cuando el depósito de donde se toma está á alguna distancia, es muy buen método el llamado en otros paises *hacer cadena*, reducido á colocarse una fila de personas desde el depósito á la bomba, mas ó menos próximas segun el número y la distancia; la primera llena los cubos, que van pasando de mano en mano, corriendo los vacios en sentido contrario, pues cada persona al recibir uno lleno da el vacío; por este medio pasa el agua con regularidad y con la menor molestia posible de los que la pasan. Nos abstenemos de entrar en mas detalles sobre estincion de incendios, porque no es de este tratado.

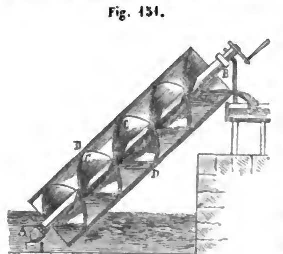
279. Embolos. Los émbolos de las bombas son sin duda su parte mas importante, y la que mas se deteriora con el frotamiento. Se construyen de varias maneras; en las bombas pequeñas suelen hacerse de estopas, pero duran poco y no se adaptan bien, sobre todo despues de usados algun tiempo; son preferibles de cuero, y podrán hacerse, lo mismo pequeños que grandes, del modo que indica la *figura* 150, con varios discos *A* de piel ó suela, comprimidos entre otros dos *B* de metal por medio de la tuerca *C*, que entra en una rosca formada en el estremo del vástago; en estos puede sustituirse tambien la estopa, sobre todo en los pequeños, y cuando se ha gastado algo se aprieta la tuerca *C* y el émbolo disminuye de altura, pero la estopa comprimida sale de los discos y se adapta bien al cuerpo de bomba. Tambien se hacen émbolos de goma elástica, como se marcan en la bomba *figura* 144. El émbolo *D* se compone de una plancha circular de metal que tiene menos diámetro que el cuerpo de bomba; en el borde ó canal de esta plancha se ata por su medio una de goma elástica que forma dos conos ó embudos, uno en la parte superior y otro en la inferior: cuando el émbolo comprime el agua, esta á su vez hace presion sobre la plancha de goma y la adapta contra el cuerpo de bomba, de modo que hacen una perfecta union, y el rozamiento es menor que en otros émbolos.

Fig. 150.



280. Rosca de Arquimedes. Además de las bombas se emplean para elevar el agua muchas máquinas que no nos toca describir, como norias, ruedas hidráulicas y otras; pero vamos sin embargo á dar á conocer dos de estas máquinas, una por su utilidad y sencillez, y la otra por el principio físico en que se funda. La primera es la llamada *rosca de Arquimedes* (*fig.* 151). Se compone de un eje *AB* inclinado, sujeto en sus dos estremos, pero que puede girar sobre ellos por medio de un manubrio: al rededor de este eje y en espiral hay una superficie *C* formada de madera ó metal, y esta superficie se encuentra perfectamente encerrada dentro de un tambor *D;* el estremo inferior de este aparato está dentro del agua, y por tanto una porcion de ella entra en el interior; pero al dar vuelta al eje por medio del manubrio, esta parte donde se encuentra el agua pasa á un punto mas ele-

Fig. 151.



vado, y por consiguiente el agua baja y ocupa una parte de la rosca mas adelantada en el eje: continuando la rotacion y deslizando el agua por el plano inclinado que la rosca va presentando, se eleva hasta la parte superior, en la que se derrama; de manera que el agua en esta máquina se puede decir que cayendo se eleva. Este aparato se construye facilmente de madera y es de poco coste, de modo que puede ser de grande utilidad en la agricultura para elevar agua de un rio ó estanque hasta el depósito de riego, sobre todo si no es grande la altura: se suele emplear tambien como aparato provisional para desaguar un espacio en obras que han de hacerse en un sitio cubierto de agua, como por ejemplo el establecimiento de estribos para puentes. El diámetro total del aparato suele ser de $^1/_2$ á 2 pies; su ángulo de inclinacion no está exactamente determinado, pero se han construido formando con la horizontal un ángulo de 30 á 35°: tampoco se ha determinado el que debe formar la élice ó espiral con el eje, pues ha variado desde 45 á 75 grados en los aparatos construidos: deberá tomarse un término medio. Es conveniente que no se introduzca en el agua toda la parte inferior, y de este modo podrá penetrar el aire necesario, y entra el agua sin movimientos bruscos, como sucede cuando el aire no tiene facil acceso. En una máquina bien dispuesta de este jénero, un hombre eleva 15 metros cúbicos de agua á 1 metro de altura en cada hora, pudiendo trabajar cómodamente ocho al dia, lo que produce en las ocho horas 60000 azumbres elevadas á $3^1/_2$ pies, ó 7500 por hora: este dato puede servir para calcular en otro caso, pues si la altura es doble, el agua será la mitad. De una máquina de este género que hemos tenido ocasion de examinar, sacamos los siguientes datos.

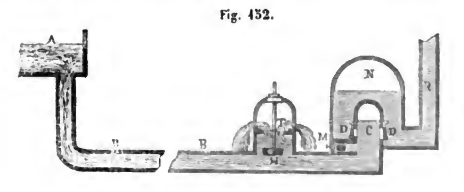
Diámetro total..........................	0^m,46
Diámetro del eje.......................	0,14
Distancia entre los pasos de la rosca........	0,14
Longitud................................	6
Angulo de la hélice con el eje............	72°.
Inclinacion del aparato con la horizontal.....	30°
Número de vueltas por minuto.............	35

Se componia el aparato de dos hélices cuyo paso era 0,28; le movian 9 hombres que eran relevados por otros 9 á las dos horas, lo que hacia 18, que trabajando durante 12 horas, elevaban 42 metros cúbicos de agua á 3^m,30 de altura por hora ó 504 metros cúbicos en las 12 horas, lo que da 92^{mc},4 por cada hombre de los 18 en una hora y á 1 metro de elevacion, ó sean 3840 azumbres por hombre y hora á $3^1/_2$ pies, que es próximamente la mitad de la cantidad que antes hemos indicado, pero que están de acuerdo por quedar de descanso la mitad de los hombres.

281. Ariete hidráulico. El 2.° aparato que hemos indicado (280) para elevar agua es el llamado ariete hidráulico (*fig.* 152), el cual hoy dia no se construye, pues hay otros mas ventajosos; pero existen varios que funcionan bien. Supongamos un recipiente ó depósito *A* del que cae agua por el tubo *B*; si este se encontrara abierto el agua saldria de él con una velocidad debida á la altura de su caida; pero suponiendo que el agua está saliendo, si de pronto se cierra la salida tiene que dejar de moverse y por tanto producirá una fuerza contra las paredes del

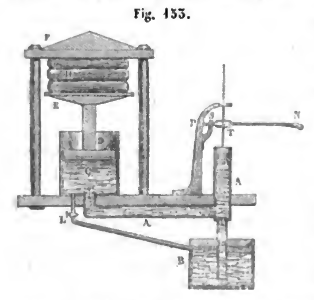
tubo; esta fuerza es la aprovechada para elevar el agua en el ariete. Al caer desde el recipiente *A* choca en las paredes del tubo y se eleva en *C* comprimiendo la válvula *H*, que se cierra, abriéndose las *D* por donde sale al depósito *N* y de este al tubo *R*, para elevarse por la presion que produce sobre el líquido el aire comprimido en este depósito; perdida despues la fuerza del líquido por las resistencias que se le oponen queda en reposo, y entonces las válvulas *D* se cierran, y la *H*, que no está comprimida en la parte inferior, cae por su peso y abre la salida *T;* en este caso el líquido sale por esta y se pone en movimiento produciendo de nuevo la fuerza contra la válvula *H*, que cierra, y no pudiendo salir por ella forma presion sobre el resto de las paredes que le impiden el moverse, y abre de nuevo las válvulas *D* por las que sale á *N*, hasta que vuelve á perder su fuerza y queda en reposo, en cuyo caso abriéndose otra vez *H* se repite lo dicho. En *M* se coloca otra pequeña válvula que da entrada á un poco de aire para reemplazar al que se lleva el agua del depósito *C*. Este aparato desperdicia mucha agua y se deteriora bastante, sobre todo en la válvula *H* de *tension*, por cuyas razones se prefieren hoy dia otros aparatos.

Fig. 152.



282. Prensa hidráulica. Hemos visto (161) que la presion que se produce en una parte de la masa de un líquido se trasmite á toda ella; de modo que el efecto producido estará con el formado en razon de las superficies sobre que se ejercen. Fundada en este principio se ha construido una importante máquina llamada *prensa hidráulica*, que vamos á describir (*fig.* 153). Se compone de una bomba impelente *A*, que toma agua del depósito *B* y la conduce al *C*, en el que se mueve un émbolo *D* que sostiene en su vástago el platillo *E;* una plataforma *F* colocada sobre este platillo, y fuertemente sostenida en el esterior, sirve para producir con el platillo la presion en los cuerpos *H*; el émbolo *R* de la bomba se mueve por medio de la palanca *PN*. Supongamos que baja el émbolo *R*; el agua pasa á *C* para producir sobre las paredes de este recipiente una presion igual á la que se haga sobre el émbolo *R* en cada porcion de superficie igual á este, tomada en las paredes de *C*, por lo tanto en la superficie del émbolo *D* se producirá una presion de tantas veces la producida en *R* como se halle la superficie de este contenida en la de aquel. Siguiendo el movimiento de la bomba continúa entrando agua y sube el platillo *E*, comprimiendo contra el *F* al cuerpo *H* con una presion igual á la que recibe el émbolo *D*, y por este medio se producen presiones considerables. Supongamos que la palan-

Fig. 153.

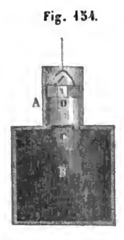


ca *PN* tiene 1 vara, ó sea 36 pulgadas, y *TP* tiene 3; si un hombre comprime la palanca, y suponemos que su esfuerzo sea solamente de 2 arrobas, tendremos (48) que el esfuerzo en *R* se convertirá en $2 \times 36 : 3 = 24$ arrobas; si suponemos que el émbolo *R* tiene 2 pulgadas de diámetro y el *D* 20, facil sería calcular sus superficies, pero no es necesario, porque la geometría enseña que es lo mismo tomar los diámetros multiplicados por sí mismos; de modo que en el émbolo *R* será $2 \times 2 = 4$, y en el *D*, $20 \times 20 = 400$ los números que como las superficies mismas de los émbolos serán proporcionales á las presiones; luego la que se producirá con las 24 arrobas será $4 : 400 :: 24 : x = 2400$ arrobas; así pues, en una prensa de las dimensiones dichas, un hombre haciendo el esfuerzo de 2 arrobas puede producir 2400 arrobas Si consideramos cambiado el punto de apoyo á *S*, como suele hacerse para producir mayor presion al fin, suponiendo que *S* esté á $1^1/_2$ pulgada de *T*, se convierten los brazos de palanca en $34^1/_2$ pulgadas y $1^1/_2$ pulgada, y la fuerza producida en el émbolo *R* en $2 \times 34^1/_2 : 1^1/_2 = 46$ arrobas; de modo que en este caso resulta para la presion en *D*, $4 : 400 :: 46 : x = 4600$ arrobas. Toda esta fuerza no es empleada en la presion puesto que con ella hay que vencer el peso del piston *D* y el platillo *E*, mas el peso del cuerpo *H*, y además el frotamiento, que es en este caso muy grande; pero siempre queda un efecto util considerable. Para descargar la máquina se abre la llave *L*, y el peso del émbolo *D* y el de los cuerpos prensados es suficiente para hacer salir el agua, que puede pasar al recipiente *B* y sirve para volver á cargar la prensa. El émbolo *D* es preciso que ajuste bien á las paredes del recipiente *C*, y para esto se le pone una guarnicion de piel que por la parte inferior sobresalga de $1^1/_2$ á 2 líneas, y de este modo la presion del agua la ajusta contra el vaso con tanta mayor fuerza cuanto mayor sea esta presion, y así el ajuste es perfecto. Las paredes de los recipientes y los tubos todos deben ser suficientemente resistentes para no ceder á la mayor presion producida, y para evitar que esta esceda el límite de la resistencia del aparato, se coloca en cualquier parte de la máquina, comunicando con el agua comprimida, una válvula de seguridad, aparato que describiremos mas adelante, y que produce tambien la ventaja de poder arreglar el prensado de modo que no se esceda del punto conveniente, pues la válvula se abre segun la carga que se la haya puesto, y no pasa adelante la presion. Estas prensas reunen grandes ventajas, y son aplicables á muchas industrias. En la fabricacion de aceite han producido sobre las prensas de viga ó de torre, empleadas en general, las ventajas siguientes; mas facilidad en su manejo, pues basta en rigor uno ó dos hombres; prontitud en la operacion, que se reduce á 2 ó 3 horas para el trabajo en que las otras emplean 20 ó 30; menos coste de la prensa, pues esta se obtiene hoy dia en Barcelona por 19000 reales; mayor cantidad de aceite; separacion de varias clases de este por la presion graduada que se puede producir; destruye menos capachos; ocupa menos sitio y se puede trasportar de un punto á otro con facilidad. Es un error bastante generalizado, suponer que estas prensas producen siempre grandes presiones; ya hemos visto que se podrá hacer la presion tan pequeña como se quiera, con la ventaja de que cargada la válvula convenientemente no está el prensado á merced de un obrero poco inteligente, pues no le será posible esceder el límite para que está cargada la válvula. Hemos puesto el ejemplo de la fabricacion del aceite, pero es evidente que se pueden emplear y en efecto se emplean estas máquinas tambien en otras muchas fabricaciones, como bujias esteáricas, cartones, tabacos de mascar, y en

una palabra, en todas las que sea necesaria una presion grande. Tambien se han aplicado á poner en movimiento cuerpos muy pesados, y recientemente se ha hecho de esto una aplicacion en Inglaterra, produciendo los buenos efectos que era de esperar. En una prensa de dimensiones regulares se calcula la resistencia para 270 toneladas, que son cerca de 22000 arrobas. En la fundicion del Sr. Esparó, en Barcelona, hemos visto una prensa calculada para 7 millones de libras catalanas, que son 2.765000 kil., ó 240393 arrobas. El piston pequeño tenia $0^m,025$ de diámetro, y el grande $0^m,45$; la palanca $0^m,215$ para brazo de resistencia, y 1 metro para potencia. La cúpula estaba sostenida por 3 columnas de hierro batido de $0^m,18$ de diámetro, y pesaba 70 kil.; el cilindro pesaba 160 kil. Con estas dimensiones el cálculo da que es necesario aplicar 160 arrobas á la palanca, pero la fuerza empleada era tomada de una máquina de vapor, y gastaba una pequeña fraccion de la fuerza total de esta.

283. Máquina neumática. Muchas veces hemos citado ya esta máquina, y sabemos que su objeto es sacar el aire contenido en un espacio; es llegado el caso de darla á conocer en todos sus detalles. Supongamos (*fig.* 154) una bomba aspirante unida al recipiente *B*; si el émbolo se eleva, el aire contenido en *B* se dilata, y abriendo la válvula *C* sale al cuerpo de bomba, pero al bajar el émbolo, esta válvula se cierra, el aire del cuerpo de bomba se comprime y sale por *D* al esterior; elevando de nuevo se cierra *D*, y otra porcion de aire del contenido en *B* sale por *C* al cuerpo de bomba, el cual al bajar el piston saldrá al esterior, y así continuará; de modo que en *B* cada vez quedará menos aire, y mas dilatado ó enrarecido: tal es en teoría la máquina neumática. Facilmente se comprende que el vacío en el espacio *B* no puede ser perfecto, porque cada vez que sube y baja el émbolo se saca una parte del aire contenido y no llegará el caso de agotarle. Supongamos que la capacidad del recipiente *B* y la del cuerpo de bomba *A* sean iguales; al elevar el émbolo la primera vez, el aire de *B* ocupará un espacio doble, luego se saldrá la mitad; al bajar despues el émbolo esta mitad pasa al esterior, y despues al repetir la operacion de subir y bajar el émbolo se sale la mitad de la cantidad que haya quedado, que es la mitad del total, de modo que queda la cuarta parte de este total en el recipiente; al siguiente movimiento del émbolo sale la mitad de esta cuarta parte, y quedará la octava del total, y como de este modo sacamos siempre la mitad de la cantidad contenida, nunca llegaremos á sacar todo: resulta, pues, que matemáticamente el vacio es imposible; pero en la práctica hay todavía otras causas que limitan la cantidad de aire que puede sacarse; por ejemplo, cuando el aire está muy dilatado en *B*, no tendrá fuerza para vencer el peso de la válvula, y no saldrá: además el aire contenido en el cuerpo de bomba tiene que comprimirse al bajar el émbolo hasta llegar á una presion algo mayor que la atmosférica, para poder elevar la válvula *D* y salirse; pero cuando sea muy pequeña la cantidad de este aire no llegará á comprimirse lo bastante para salir, y el émbolo se moverá inutilmente. Es verdad que se pueden atenuar bastante estas causas haciendo que la válvula *C* se eleve sin el esfuerzo del aire, y que el émbolo ajuste bien con la parte inferior del cuerpo de bomba para que al bajar no quede espacio en lo posible; pero nunca se pueden

Fig. 154.



hacer desaparecer completamente, y por tanto el vacío tendrá su límite. Esplicado el principio en que se funda la máquina neumática, veamos cómo se dispone para las aplicaciones. La *figura* 155 representa la máquina completa y tal como se presenta á la vista; la *figura* 156 es un corte mirándola de costado; y la *figura* 157 es otro corte mirada por detrás. En las tres figuras, las mismas partes están representadas con letras iguales. Dos bombas aspirantes *AA'*, cuyos cuerpos son generalmente de cristal, sirven para estraer el aire; los émbolos se mueven por medio de dos vástagos dentados *B* que engranan en una rueda *C*, á la que por medio del manubrio *D* se hace girar á un lado ó al otro, y de este modo, cuando uno de los émbolos baja, sube el otro. Estos émbolos tienen una válvula en su interior que se mantiene cerrada por un resorte de muy poca fuerza; las válvulas *S* del cuerpo de bomba son cónicas, y tienen un vástago *R* que atraviesa el émbolo, ajustando en él; así cuando este se eleva hace subir tambien la válvula, y cuando ha llegado á abrirse, un pequeño tope *O* que tiene el vástago tropieza en la parte superior y no la deja elevarse mas, sin que esto impida el movimiento del émbolo, pues el vástago de la válvula resbala sin poner obstáculo: cuando el émbolo baja, la válvula, arrastrada por él, se cierra al instante; así se logra que el aire al salir al cuerpo de bomba no tenga que mover esta válvula.

Fig. 155.

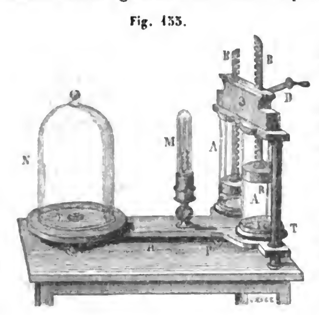
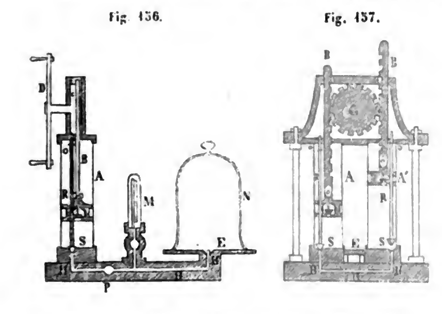


Fig. 156. Fig. 157.

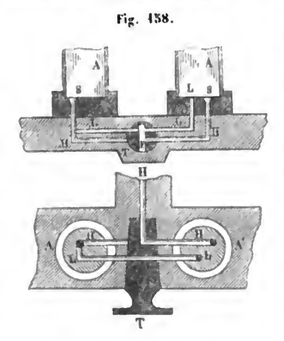


Las bombas comunican por medio de un canal *H* con el centro de un disco muy bien plano *E* que se llama *platina*, generalmente de vidrio deslustrado ó de piedra, y sobre ella se coloca una campana *N* cuyos bordes ajustan bien, siendo este el espacio de donde se estrae el aire. Para que el ajuste de la campana sea mas exacto suele ponerse sobre la platina una piel de gamuza húmeda, ó se une al borde de la campana una cinta de goma elástica. Tambien se une á tornillo al fin del canal *H* otro cualquier recipiente del que sea necesario estraer el aire. En el canal *H* hay un orificio lateral *P* que sale al esterior, y que se abre ó cierra por medio de una llave, dando entrada por él cuando es necesario al aire. Tiene además en comunicacion con este canal *H* una campana de cristal *M*, bien cerrada, dentro de la cual se coloca un barómetro truncado ó probeta (239), que indica la presion del aire que va quedando despues que se ha sacado una cierta

cantidad. Todo este aparato se coloca fijo en una mesa resistente y de altura proporcionada. Queda dicho que son dos las bombas que estraen el aire; pero estas, además de estraerle de una manera contínua, sirven tambien para que al elevar el émbolo no haya que vencer una fuerte resistencia producida por la atmósfera si no hubiera mas que una bomba; supongamos que se ha estraido la mitad del aire, es evidente que la otra mitad queda con una presion que será tambien mitad de la atmosférica, y por consiguiente al elevar el émbolo habria que vencer, además del frotamiento, una presion de media atmósfera. Si va saliendo mas aire esta presion esterior crece, y si supusiéramos vacío perfecto sería necesario vencer toda la presion de la atmósfera para hacer subir el émbolo; pero si hay dos bombas, la presion esterior que se ha de vencer en el émbolo que sube ayuda al movimiento del que baja, y como están unidos por la rueda dentada se compensan estos dos efectos.

284. Adicion de Babinet. Ya hemos visto que el vacío no es posible que sea perfecto, á pesar de que con una buena máquina puede llegarse á dejar muy pequeña cantidad de aire; pero Babinet ha hecho una adicion á las máquinas, por medio de la cual se logra dejar todavía menor cantidad. Esta adicion se marca en la *figura* 158, que presenta arriba un corte vertical y abajo otro corte horizontal. Consiste en hacer un canal *L* que pasa de un cuerpo de bomba al otro, y colocar en la parte esterior una llave *H* taladrada como vamos á ver: si se da media vuelta á la llave, un canal *F* practicado en ella pone en comunicacion los dos cuerpos de bomba por el *H* solamente, y la máquina funciona como si no tuviera la adicion; pero dando un cuarto de vuelta á la llave toma la posicion que representa la figura y en tal caso se cierra este canal *H*, quedando establecida comunicacion, desde el recipiente de donde se ha de estraer el aire, con uno de los cuerpos de bomba, y desde este cuerpo con el otro por medio del canal *L;* en este caso el aire es aspirado al cuerpo de bomba *A'*, que es con el que comunica el espacio de donde se ha de sacar, y al bajar el émbolo en este cuerpo pasa el aire estraido al otro cuerpo *A*, del que no puede salir porque la válvula *S* se cierra y lo impide; así se va acumulando en *A* una cantidad de aire que al cabo puede abrir la válvula del émbolo y marchar al esterior, ó por lo menos quedar en *A*, y con esta adicion se logra un vacío que difiere muy poco del vacío perfecto. En algunas máquinas que se construyen modernamente, el movimiento de los émbolos se produce por medio de un manubrio que gira circularmente, lo que es mas cómodo y necesita menos fuerza, pero tiene algunas dificultades de construccion.

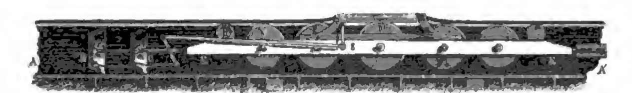
Fig. 158.



285. Caminos atmosféricos. Se ha hecho una aplicacion en grande de la máquina neumática, que consiste en producir el movimiento en los caminos de hierro llamados *atmosféricos.* Supongamos un tubo con un émbolo ajustado en su interior; si hacemos el vacío en un lado de este émbolo, la presion de la

atmósfera en el otro lado le pondrá en movimiento haciéndole avanzar hácia donde se forma el vacío, siendo facil calcular la fuerza que produce este efecto (244); si el émbolo está unido á un cuerpo cualquiera, le arrastrará en su movimiento aun cuando sea de mucho peso, puesto que la presion de la atmósfera es grande: esto es en teoría un camino atmosférico. En la práctica es un tubo *AA'* (*fig.* 159), colocado en toda la longitud del camino de hierro entre los dos carriles: dentro de este tubo llamado *propulsor* hay dos pistones *B* y *C* iguales,

Fig. 159.





formados de una placa menor que el diámetro de aquel y con una gola *O* de cuero, los cuales están unidos á un vástago *E*. Haciendo el vacío en la parte *A* del tubo, la atmósfera comprime los pistones por el lado opuesto y hace adaptar al tubo el cuero que los guarnece, de modo que forman una union perfecta. Esta misma presion de la atmósfera hace marchar los pistones arrastrando el vástago *E*, y como hay dos, si el uno dejara pasar algo de aire, el otro le interceptaría; pero es necesario unir los carruajes al vástago *E*, y para esto tiene que salir á la parte esterior una pieza unida á él: esta pieza es la *R*, que sale por una canal practicada sobre el tubo en toda su longitud, la que se encuentra cerrada con una banda de cuero fijo en uno de los bordes y libre en el otro, reforzada con varias planchas de hierro pequeñas y juntas que dan consistencia al cuero sin quitarle enteramente su flexibilidad. Haciendo el vacío en el tubo esta banda de cuero se adapta y le cierra, no permitiendo que el aire entre, pues la presion esterior le comprime; pero detrás de los pistones hay cuatro piezas *H*, *N*, *P* y *D*, que van levantándola cada vez mas para dar paso á la *R*, que está doblada convenientemente y pasa por entre el cuero, elevándole lo menos posible; á esta pieza *R* se une el convoy, que se pondrá en movimiento por la presion que produce sobre los pistones el aire que va entrando por la abertura de la banda de cuero. Para marchar en sentido contrario, está dispuesto el vástago con pistones al otro estremo *A'*, y de modo que á los que no deben funcionar se les hace tomar una posicion inclinada por medio de un juego de palancas *S*, que sale al esterior, y en esta posicion no se adaptan al tubo propulsor: á este otro lado hay piezas dispuestas del mismo modo que hemos dicho antes para levantar la banda de cuero, y sirven tambien para que caiga suavemente cuando se ha levantado. El vacío se hace con una enorme máquina neumática movida por otra de vapor y fija en el estremo del tubo propulsor. Se han hecho varios ensayos de este sistema, y citaremos como ejemplo un trozo del camino de hierro entre París y Saint-Germain, que es atmosférico y está en esplotacion. La longitud de este trozo es de 2500 metros próximamente, ó media legua escasa, y forma una pendiente que en su mayor desnivel tiene 35 milímetros por metro; el tubo propulsor tiene de diámetro $0^m,63$; su válvula ó banda, con planchas de hierro

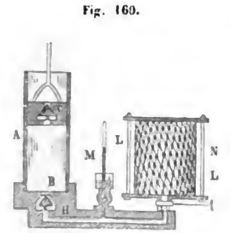
encima y debajo, se abre hasta inclinarse 45°, pero sucesivamente como se marca en la figura, por medio de las ruedas que van aumentando de diámetro, cerrándose despues del mismo modo por ruedas que disminuyen; además pasa por encima unido al carruaje director un rodillo que cierra perfectamente la válvula. El aparato interior está dispuesto solo para subir, de modo que no tiene piston mas que delante, y lleva por el lado opuesto un cilindro de 2 metros de longitud que hace equilibrio. Las máquinas para producir el vacío son bombas de doble efecto de cuatro cilindros, que tienen $2^m,53$ de diámetro, y en ellos se mueve un piston que recorre un espacio de 2 metros, y tarda 5 segundos en su movimiento, sacando 2 metros cúbicos de aire por segundo: los pistones se mueven por medio de máquinas de vapor dobles cuyos cilindros tienen 2 metros de diámetro, y la velocidad de sus émbolos es de 2 metros por segundo, produciendo una fuerza de 400 caballos; el vacío se hace cuando ha de subir un tren, y para ello se avisa por medio de un telégrafo eléctrico, de modo que las máquinas funcionan solo en este caso, y el resto del tiempo están los hogares cerrados para que la combustion sea lenta, avivándola en el momento necesario por medio de un ventilador. El consumo de combustible es cada 24 horas de 3000 kilógramos de hulla, sin contar la que consumen otras dos máquinas que dan una fuerza de 25 caballos, y sirven para subir agua, para mover los ventiladores y para remolcar los trenes al bajar, en una parte plana de 160 metros que hay á la salida de la estacion, dejándolos en la pendiente por la que bajan solo á impulso de la gravedad con una velocidad que llega á mas de 1280 metros por minuto, ó 4600 pies. Todas las máquinas están en un vasto local establecido para el objeto á un lado del camino, cerca de su estremo. Este camino se encuentra abierto á la circulacion desde abril de 1847, y funciona perfectamente, produciendo una velocidad al subir los trenes que varía segun el peso de estos entre 540 y 1160 metros por minuto, ó sea 1830 á 4180 pies; de modo que hacen su marcha en $2^1/_2$ á 5 minutos, El coste ha sido solamente para el tubo propulsor de 200 francos por metro; todo el camino atmosférico $4^1/_2$ millones de francos, y con las máquinas y aparatos necesarios se ha elevado á mas de 6 millones de francos, ó 24 millones de reales. Este ensayo, y otros que han costado muy caros, son la causa de que se haya abandonado el sistema á pesar de sus buenos resultados.

286. Hemospásia. Este nombre se ha dado á una aplicacion del vacío á la medicina. Ya sabemos que toda la superficie del cuerpo humano está sufriendo una presion considerable por la atmósfera (244), y por tanto si alguna parte del cuerpo se sustrae á esta presion, no encontrándose comprimida, se hincha, y los tubos capilares del interior se dilatan naturalmente. Supongamos que se introduce una pierna dentro en un recipiente de algo mayor capacidad, adaptándole por la parte abierta de modo que el aire no pueda entrar, lo que se consigue atando á la pierna y á la boca del aparato una faja de tela de goma elástica: haciendo el vacío en este recipiente aumenta el volumen de la pierna y la sangre afluye en cantidad á este punto, dejando libre la parte donde antes se encontraba acumulada, y sin que por esto se interrumpa la circulacion. Si despues se quita el aparato, la sangre vuelve á su estado de circulacion normal sin violencia, y sin producir congestiones: así se evita la sangría, que tan perjudicial puede ser en muchos casos: lo mismo puede adaptarse el aparato á un brazo. Este es en estracto el método *hemospásico;*

nuestro objeto es solo indicarle sin emitir sobre él ningun juicio, pues ni es de nuestra competencia, ni este tratado es el lugar para ello.

287. Máquina de comprimir el aire (*fig.* 160). Supongamos una bomba aspirante *A*, pero con las válvulas de manera que se abran por una presion

Fig. 160.



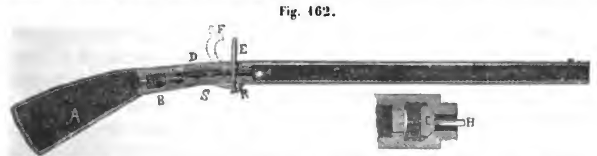
producida de arriba para abajo; el efecto será enteramente contrario al que producen estas bombas (271). Para probarlo hagamos bajar el émbolo; el aire contenido en el cuerpo de bomba se comprime, y abriendo la válvula *B* entra por el canal *H* al recipiente *N;* elevemos despues el émbolo; la válvula *B* se cerrará por la presion del aire que tiende á salir por *H*, pero la *C*, comprimida por la atmósfera, se abrirá y dejará entrar aire al cuerpo de bomba; volviendo á bajar el émbolo, entra el aire por *B* y sigue despues lo mismo, de manera que podremos acumular en el recipiente *N* una cantidad de aire muy grande; el resto de la máquina de comprimir no es otra cosa sino una máquina neumática (283) con la campana ó recipiente asegurado á la platina por medio de barras *L*, sujetas con tuercas, y además está cubierto de una red de alambre para que le dé mayor resistencia, y al mismo tiempo para que en caso de romperse con la presion interior no salten los pedazos y produzcan daño: las válvulas se mantienen cerradas por un pequeño resorte que las hace elevar, y un manómetro de aire comprimido *M* sustituye á la probeta de la máquina neumática. El aire que puede acumularse en el recipiente *N* tiene un límite, pues llega el caso de que la fuerza empleada para comprimir el del cuerpo de bomba es menor que la producida por el aire comprimido debajo de la válvula *B*, y entonces no se abre esta, siendo menor todavía la cantidad que podrá acumularse si el émbolo no llega hasta la parte inferior del cuerpo de bomba. Esta máquina es de muy pocas aplicaciones, pero las bombas de que se compone, y que llamaremos de compresion, se encuentran tambien en otros aparatos.

Fig. 161.

288. Bombas de compresion. Se encuentran estas en general dispuestas con una válvula de resorte en la parte inferior (*figura* 161), y el émbolo sin ella. Un pequeño orificio en *A* da entrada al aire cuando sube el émbolo, y despues al bajar pasa del orificio y no deja salir el aire que entró, el cual comprimido abre la válvula.

289. Escopeta de viento (*fig.* 162). Se compone de un recipiente *A* de

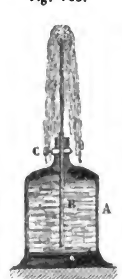
Fig. 162.



paredes resistentes, que forma la culata, el cual tiene un orificio en *B* cerrado por

la válvula *C*, que termina hácia la parte esterior en una barrita *H*, y tiene por la interior un fuerte resorte *L* que la hace estar cerrada: esta parte del aparato se ve en la figura separada, en mayor escala. A la culata se une á tornillo otra pieza *D* con una canal en su centro que comunica con el de la culata cerrado por la válvula *C*. En esta pieza hay colocada una barrita *S*, que introduciéndose ajustada por una canal practicada en *D*, tiene un estremo en contacto con la barrita *H* de la válvula, y el otro sale al esterior. Hay tambien en la pieza *D* una palanca *E* que se apoya por un estremo en la misma barrita *S*, y el otro sale fuera; un pequeño resorte en *R* y la presion del *L* mantienen á esta palanca *E* en su posicion; finalmente, en la pieza *D* hay por la parte de fuera una llave como la de una escopeta comun, pero solo compuesta del pie de gato que se figura en *F*, el cual cae por medio del gatillo, de la misma manera que en las armas de fuego; pero este pie de gato tiene un apéndice para que al caer tropiece con la palanca *E*. A continuacion de la pieza *D*, y unida con ella á tornillo, hay un cañon como el de una escopeta comun, en el que se introduce el proyectil y el taco por medio de la baqueta. Para hacer uso de esta arma, lo primero es separar la culata, y por medio de una bomba de compresion (288) que se une á su boca, se llena de aire muy comprimido; colocada despues en la escopeta y cargada esta, cuando se haya de disparar se monta como una de fuego, y en tal caso el apéndice del pie de gato tropieza con la palanca *E*, pero el muelle *R* cede y puede pasar; en seguida se dispara por medio del gatillo, y al caer el pie de gato su apéndice tropieza con la palanca *E*, la cual hace penetrar la barrita *S*, y esta comprime la válvula *C* y la hace abrir; en este caso una porcion del aire comprimido en *A* sale al cañon y arroja el proyectil; pero en el momento de abrirse la válvula, la fuerza de su resorte y la presion del aire interior la vuelven á cerrar, y el aire queda todavía muy comprimido en *A*, de modo que se podrán hacer mas ó menos disparos segun la cantidad de aire introducido, aunque estos disminuirán de alcance de uno á otro, pues el aire que sale hace que el resto tenga menos presion. Con la escopeta de viento se mata toda especie de caza menor sin cargar escesivamente la culata; pero se concibe que mas cargada, el arma podrá producir el efecto de una de fuego, pues solo consiste en introducir tanto aire en la culata que produzca la fuerza equivalente á la de la pólvora.

Fig. 163.



290. Fuente de compresion (*fig.* 163). Este aparato se compone de un recipiente metálico *A* cerrado, y con un orificio en la parte superior donde puede ajustarse á tornillo un tubo *B* que entra hasta cerca del fondo. Echando agua en *A* de modo que no quede lleno completamente, y poniendo una bomba de compresion (288) al estremo del tubo *B*, se hace entrar aire que pasará sobre la superficie del agua: si despues de quitar la bomba se abre la llave *C*, la presion del aire comprimido sobre el líquido le hará salir produciendo un surtidor, que será de mayor elevacion cuando sea mayor la cantidad de aire que se haya introducido en el aparato. Este mismo efecto puede producirse tambien colocando bajo de la campana de la máquina neumática un recipiente *A* (*fig.* 164), que contenga agua, pero que no esté enteramente lleno. Se le tapa bien y se coloca un tubo *B* que atraviese su tapon y llegue hasta cerca del fondo: estrayendo el aire de la campana, el que contiene el recipiente se dilata por la falta

de presion esterior y comprime el líquido, que saldrá por el tubo *B* formando surtidor. Todavía puede disponerse el esperimento de otra manera (*fig.* 165). En un recipiente cerrado *A*, que solo tiene un tubo con llave *B* que le pone en comunicacion con el esterior, se hace el vacío; despues se coloca el aparato sobre otro recipiente *C* que contenga agua, de modo que esta llegue á una altura algo mayor que el estremo del tubo *B:* abriendo la llave, la presion que en el esterior produce la atmósfera hace que el agua se introduzca en el recipiente *A* por el tubo *B* formando surtidor. Cuando un líquido ha de salir por algun orificio y esta salida es intermitente, puede hacerse contínua por medio de una fuente de compresion. Supongamos (*figura* 166) que por el tubo *A* viene agua, por ejemplo de una bomba aspirante (271); como es solo al subir el émbolo cuando hay salida de líquido, será esta intermitente; pero si se agrega un recipiente *B* cerrado en el que penetre hasta cerca de su fondo un tubo *H*, el agua que viene á este recipiente por *A* comprimirá el aire que contiene, y se formará una presion sobre la superficie del líquido que le hará salir de una manera contínua. Este aparato con distintas formas se agrega á varios otros con el objeto que dejamos indicado, y tambien hemos tenido ocasion de verle aplicado en aparatos que ya hemos descrito (*figuras* 147, 148 *y* 152).

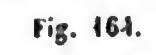
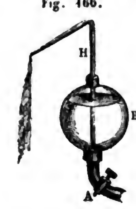

Fig. 164. Fig. 165.

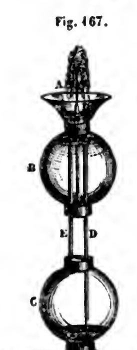


Fig. 166.



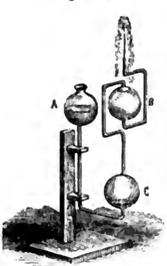
291. Fuente de Heron (*fig.* 167). Este aparato es una fuente de compresion dispuesta de otra manera distinta de las que hemos descrito (290). Se compone de tres recipientes *A*, *B* y *C:* el primero *A* es abierto y los otros dos cerrados. Un tubo *D* atraviesa desde el *A* hasta cerca del fondo de *C;* otro tubo *E* pasa desde la parte superior de *B* á la superior tambien de *C;* y finalmente, otro tercer tubo *H* atraviesa el recipiente *A* y pasa hasta cerca del fondo de *B*. Para hacer funcionar este aparato, es necesario primero llenar el recipiente *B* de agua hasta la altura del tubo *E*, lo que se consigue quitando el tubo *H* que entra á tornillo, y tapando el estremo que el tubo *D* tiene abierto en el recipiente *A:* echando agua en este recipiente cae al *B* por el orificio donde se coloca *H;* ya lleno se pone el tubo y se abre el estremo del *D*. Si echamos algo de agua en *A* pasa por el tubo *D* al recipiente *C*, y como en él no tiene el aire otra salida que *E*, pasa por este al recipiente *B*, y comprime el líquido que contiene, obligándole á salir por el tubo *H* en forma de surtidor; esta agua que sale cae al recipiente *A*, y de aquí por *D* al *C*, de modo que el aparato funciona por sí solo

Fig. 167.



hasta que el agua de *B* baja mas que el estremo del tubo *H*, ó que el agua que va cayendo en *C* llega al estremo del tubo *E*. Cuando se ha llenado el recipiente *C* se saca el agua por *P*, y volviendo á llenar, como ya se ha dicho, el recipiente *B*, está dispuesto el aparato para funcionar de nuevo. Puede disponerse esta fuente con un solo tubo y recipientes en él (*fig.* 168): echando agua en el recipiente *A* caerá al *C*, y despues, invirtiendo el aparato, se llenará el *B*; en este estado se llena el recipiente *A* y el agua va cayendo al *C*, de modo que el aire de este pasa al *B* y comprime el líquido, que saldrá por el tubo colocado en su parte interior, formando un surtidor al salir.

Fig. 168.



292. Ludion. Este aparato, que tambien llaman diablillo de Descartes (*fig.* 169), es un juguete de física recreativa que se compone de una esferilla de vidrio *A* con una salida por el estremo *B* de un tubito capilar, en el que puede colgarse una figurita ligera; en la esfera se introduce agua en cantidad suficiente para que flote, pero haciendo que el peso de todo el aparato sea poco diferente del peso de un volumen igual de agua. Así dispuesto se coloca en un vaso con agua, el cual se tapa con un pedazo de tela de goma elástica bien atada, y la esferilla flota: pero si se comprime la tela con la mano, la presion del aire que contiene el vaso comprime el agua y hace que una porcion de ella entre en la esfera, en cuyo caso resulta mas pesada que el agua y cae al fondo. Cesando la presion, el aire que contiene la esfera, que está comprimido, se dilata, hace salir parte del agua, y resultando el aparato otra vez menos pesado que el agua, vuelve á subir.

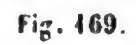


Fig. 169.



293. Tubos de seguridad. Si en un espacio ó recipiente *A* (*fig.* 5) disminuye la presion por cualquier causa, y este espacio se encuentra en comunicacion por medio de un tubo *C*, por ejemplo con un recipiente ó cuba de agua *D*, en el momento de disminuir la presion, el agua subirá por *C* y se introducirá en *A*, puesto que la presion atmosférica que pesa sobre el líquido en *D* no estará equilibrada con la de dentro del aparato. Esto puede producir funestos efectos en algunos casos, y para evitarlos se hace uso de los aparatos llamados tubos de seguridad. Coloquemos un tubo *H* que atravesando el tapon se introduzca en el líquido, que supondremos en *A*; si la presion disminuye en el interior del recipiente, el aire esterior, venciendo la pequeña columna *ab*, entra en él por el tubo *H* y no sube el agua por *C*, puesto que para ello tiene que subir hasta el punto mas elevado de él, y desde este punto á la superficie del líquido en *D*, hay mas altura que *ab*. Puede tambien disponerse el tubo de seguridad como está indicado en *E*, que se adapta á cualquier parte del aparato y no tiene que introducirse en el líquido, como antes hemos visto. Es un tubo encorvado dos veces, con un recipiente *P*, y por el embudo de su estremo se echa un líquido cualquiera que llene una parte de este recipiente. Dispuesto así, el gas que supondremos dentro de la retorta *F* no puede salir, pues aunque aumente su presion sube el líquido del reci-

piente *P* al tubo *S*, y forma una columna que el gas tiene que vencer para salir; pero supongamos que la presion en *F* disminuye, en este caso la atmósfera que pesa en *S* hace bajar el líquido hasta *E*, y llegando á este punto, el aire, mas ligero que el líquido, pasará atravesándole y se introducirá en *F*: como el recipiente *P* va recibiendo el líquido del tubo *S* no crece sensiblemente la altura *EP*, que es la que el aire tiene que vencer para introducirse. Estos aparatos son muy usados y de grande utilidad en química, pues si cualquiera de los recipientes *A* ó *F* se encuentra caliente y empieza á enfriarse, disminuye la presion pasando á ellos el agua de la cuba, y convertida de pronto en vapor puede producir una esplosion, ó por lo menos inutilizar la operacion; puestos los tubos de seguridad hemos visto que no puede suceder nada de esto.

294. Pipeta (*fig*. 170). Se compone este aparato de un tubo que tiene en su estremo inferior un recipiente del que sale otro tubo estrecho: si se introduce el recipiente en agua, entrará esta para llegar dentro á la misma altura que tiene fuera; si despues se saca del líquido, es evidente que el agua, mas densa que el aire esterior, se saldrá; pero si se cierra con el dedo el otro estremo del tubo, el agua al salir deja un espacio que ha de llenarse, y como el aire del esterior no puede penetrar por el estremo abierto á causa de su poco diámetro, el aire del interior se dilatará hasta que con la columna de agua equilibre la presion atmosférica esterior; pero llegado este caso habrá presiones iguales dentro y fuera, y el liquido no saldrá. Destapemos el estremo superior y el aire entrará por él, de modo que pesará la atmósfera encima y debajo de la columna líquida, y por tanto el peso de esta la hará caer, y saldrá como hemos dicho al principio, pero se interrumpirá de nuevo la salida siempre que se vuelva á tapar el tubo. Si el orificio por donde sale el liquido es de mucho diámetro, el aire entrará por él al mismo tiempo que sale el liquido, y no se podrá tener en el recipiente; por eso debe hacerse estrecha la salida. En este principio se funda, no solamente la *pipeta* sino otros varios aparatos que describiremos. La pipeta es muy útil para echar líquido en pequeñas cantidades donde sea necesario, pues basta poner el dedo en el estremo superior para que deje de salir, y por esto se hace mucho uso de ella en los laboratorios de química. Se usa con el nombre de *cata-vinos*, *bomba* ó *cala* (*fig*. 171), para sacar muestras del fondo de un liquido, como aceite, vino ú otro; si se introduce en el líquido tapando el estremo superior, el aire que contiene no dejará penetrar mas que una pequeña cantidad de liquido, porque se comprimirá, pero en el momento que se destape la parte superior, este aire se saldrá desalojado por la presion del liquido, que se introducirá del punto donde se encuentre el estremo del aparato: tapando de nuevo la parte superior, el líquido que entró no podrá salir, y se tendrá una muestra de él tomada en cualquier parte de su masa. Este aparato es de un uso frecuente en el comercio.

Fig. 170.



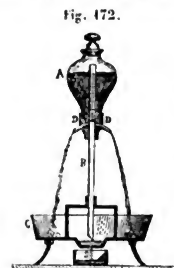
Fig. 171.



295. Fuente intermitente. El aparato llamado *fuente intermitente* está fundado en el mismo principio que la *pipeta* (294). Supongamos (*fig*. 172) un recipiente *A* que está unido al tubo *B*, introducido en él por la parte inferior, y que llega

hasta cerca de la superior; este recipiente tiene en su parte inferior los tubos ó salidas *D*, y se sostiene por medio del tubo *B* sobre otro recipiente *C* que tiene un pequeño orificio en *S*. Echando agua por la parte superior en *A* y tapándole bien, el aire entrará por el tubo *B*, que es abierto en sus dos estremos, y el agua caerá por los tubos *D* al depósito *C*; pero si el aparato está dispuesto de modo que el estremo del tubo *B* llegue hasta cerca del fondo de este depósito *C*, y que el orificio *S* sea algo menor que la suma de las salidas *D*, el agua que por estas cae no puede salir toda por *S*, y se va elevando en *C* de modo que llega el caso en que cubre el estremo del tubo *B*, y entonces, como el aire esterior no tiene por donde entrar al recipiente *A*, deja de salir el agua por *D*; pero como sigue saliendo por *S* va bajando su nivel en *C*, y al cabo descubre el estremo de *B*: en este caso vuelve á entrar el aire por el tubo al recipiente *A*, y vuelve por tanto á caer el agua por *D*, que continua saliendo hasta que se tapa de nuevo el estremo de *B* y se repite lo dicho. Algunas fuentes intermitentes naturales deben su origen á causas semejantes.

Fig. 172.



296. Aparato de nivel constante (*fig*. 173). Supongamos un tubo *A*, en el que es necesario mantener á la altura *B* el nivel de un líquido que contiene, á pesar de que el líquido vaya disminuyendo por cualquier causa en la parte *B*: para lograrlo se forma en el otro estremo del tubo un recipiente *C*, en el que entra otro *D*, abierto solo por su parte inferior, y dispuesto de modo que esta abertura llegue exactamente á la línea que marque el nivel *B* que el líquido ha de tener en el tubo *A*: lleno este recipiente del líquido y cerrado con la válvula *R* se introduce en *C*, y en este caso, un alambre unido á la válvula tropieza en las paredes de *C* y la abre, saliéndose el líquido al tubo *A*; pero cuando sube en los dos brazos al nivel *B* tapa la entrada de *C*, y no pudiendo penetrar el aire, deja de salir el líquido: cuando baja el nivel se descubre la entrada del recipiente *D*, el aire penetra y sale el líquido hasta que, restablecido el nivel otra vez, vuelve á taparse la entrada; un orificio en *H* permite el libre acceso del aire en el interior de *C*. Este aparato es, segun se ve, una fuente intermitente (295), y se emplea en el alumbrado con cuerpos líquidos, como diremos despues.

Fig. 173.

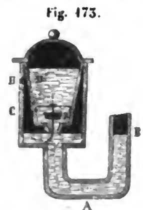
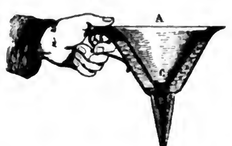




Fig. 174.



297. Embudo mágico. En física recreativa hay algunos aparatos fundados en el mismo principio que los que acabamos de describir, siendo uno de ellos el llamado *embudo mágico* (*fig*. 174). Se compone de un doble embudo *A*, cuyas dos cubiertas, que llegan solo hasta el principio del piton, forman un espacio cerrado, y con solo dos pequeños orificios *S* y *R*. Puesto punta arriba, y tapado en *C* con un corcho, se echa por el pico estrecho un liquido, por ejemplo vino,

que entrará por *R* al espacio que se encuentra entre las cubiertas, y cerrando el orificio *S* no se irá: volviendo despues el embudo y quitando el tapon *C*, mientras no se abra *S* no saldrá el vino. Este orificio *S* puede taparse con el dedo, y echando agua por el embudo saldrá pura mientras se tenga tapada la entrada *S* del aire, pero cuando se destape, el agua se teñirá con el vino que sale, y por tanto el aparato convertirá el agua, en agua y vino á su paso por el embudo.

298. Cafetera mágica. La cafetera mágica es un aparato semejante al que acabamos de describir (297). Se compone de un recipiente en forma de cafetera, dividido en dos partes que no se comunican entre sí, pero comunican las dos con el piton de salida, y con dos pequeños agujeros practicados en el asa, que dan entrada al aire para cada una de las dos divisiones; se llenan estas por el fondo con dos líquidos diferentes, y tapadas bien no dejarán salir el líquido que contienen sino cuando el aire esterior pueda entrar. Segun esto, poniendo el dedo encima de los agujeros del asa no sale líquido por el piton; pero desviándole de modo que deje descubierto uno de los agujeros sale el líquido de aquel lado, y haciendo lo mismo para el segundo agujero, saldrá el otro líquido.

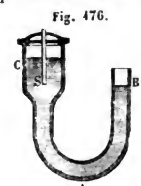
299. Regadera mágica. La *regadera mágica* es una pipeta (294) terminada por una cabeza de regadera; mientras el aire no entre, el agua no podrá salir.

Fig. 175.

300. Frasco de Mariotte (*fig.* 175). Este aparato es un frasco en que se pone agua, y despues de bien tapado se hace penetrar un tubo *AB* por el tapon; tiene además tres salidas *H*, *F*, *E*, y el tubo llega hasta el nivel de la del medio: si se abre esta salida, encontrándose vacío el tubo *AB*, la atmósfera ejerce su presion en *B*, estremo del tubo, y tambien en *F* á la misma altura; de modo que estas dos presiones se hacen equilibrio, y el líquido no sale. Si el tubo estaba lleno de agua hasta *D*, saldrá solo la contenida en él desde *D* á *B*, y en este caso es cuando pesa la atmósfera en *B* y deja de salir el agua. Como vemos, la columna líquida desde *B* hasta el nivel superior no ejerce aqui presion; y esto se esplica facilmente, pues en la superficie interior del tubo en *B* pesa la atmósfera; luego todas las moléculas de esta capa deben encontrarse solicitadas por una presion igual, pues de lo contrario no habrá equilibrio en el líquido, de modo que la masa que tiene encima no influye en nada, y como fuera hay la misma presion atmosférica, se destruyen, y el líquido no sale. Abramos la salida *E*; en este caso, como la atmósfera hace presion en *E* y en *B*, y á esta última presion se añade la producida por la columna líquida *BC*, es vencida la primera, y el líquido sale por *E*; pero es evidente que sale solamente con la presion de la columna *BC*, pues como hemos visto antes, la capa *BF* tiene constantemente la presion misma de la atmósfera, sea cualquiera la cantidad de líquido que pese sobre ella. Supongamos finalmente que se abre la salida *H*; como la presion de la atmósfera en el esterior se ejerce en este punto *H* y en el interior en *B*, la esterior está aumentada con la columna *PB*, y por tanto el agua sube en el tubo á la altura *H*; pero como para subir tiene que dejar en el frasco un espacio libre, el aire entra por *H* á llenarle: cuando el agua ha subido á *P* se establece el equilibrio, y entonces el líquido no sale. El frasco de Mariotte sirve, segun hemos visto, para hacer salir un líquido del vaso que le contiene con

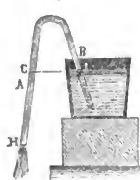
presion igual, de modo que se ha de añadir á los aparatos de nivel constante que hemos visto en la salida de los líquidos (207). Tambien puede mantenerse el mismo nivel con un tubo en lugar del recipiente *D* (*fig.* 173). pues cerrando completamente el *C* y haciendo entrar en él un tubo hasta la altura *B*, resultará el aparato como marca la *figura* 176. La presion de la atmósfera se hace en los dos brazos del tubo *A* á la misma altura *B* y *S*, cualquiera que sea la cantidad del líquido que contenga el recipiente *C*, por cuya razon el líquido estará constantemente en *B*.

Fig. 176.



301. Sifones. Supongamos un tubo encorvado *AB* (*figura* 177), de brazos desiguales; si se llena de un líquido y se introduce la rama mas corta en un vaso que contenga el mismo líquido, veremos á este salir por el estremo del brazo mas largo hasta que en el vaso haya quedado libre el estremo del tubo: este aparato es el que se conoce con el nombre de *sifon*. Para comprender la salida del líquido supongamos que el tubo no fuera mas que la parte *CBD*; estando lleno de agua es necesario para que caiga por uno de los estremos que se eleve en el otro á llenar el vacío de la que cae, puesto que el aire no tiene entrada sino por los estremos del tubo; pero la presion de la atmósfera que tiende á impedir la salida del líquido contenido dentro del tubo es igual en los dos estremos, y el peso de las dos columnas líquidas tambien; luego siendo todas las fuerzas iguales, el líquido no cae. Supongamos ahora el brazo *A* mas largo; la presion de la atmósfera trasmitida por el líquido puede suponerse, como antes en *C*, oponiéndose á la salida de este, y tambien en *D*, por lo que se hacen equilibrio; pero el peso del líquido en los dos brazos no es ahora igual, puesto que el *A* es mas largo, y por tanto caerá el líquido por el peso de la columna *CH*, que es la parte en que escede *A* á la *B*; pero como el líquido que sale debe ser reemplazado, no pudiendo serlo por el aire puesto que no puede entrar, lo es por el mismo líquido del recipiente, que saliendo al brazo *A* vuelve á producir la columna mas larga, y continua la salida hasta que el aire puede entrar por el estremo de la parte *B*. De lo dicho resulta que el líquido saldrá con una velocidad igual á la que tendria si cayera desde una altura que fuera la diferencia de las dos columnas formadas por los brazos del tubo, midiéndolas desde el punto mas alto, hasta la superficie del líquido en el vaso la una, y hasta el estremo *H* la otra (204); es decir, la diferencia de nivel entre la superficie del líquido y el estremo del tubo por donde sale este líquido: de aquí tendremos que la velocidad de salida no será siempre la misma, pues á medida que el recipiente se vacia, la columna en *B* se hace mas larga; y como la otra columna *A* no varía, la diferencia que produce la velocidad de salida irá siendo menor. Puede ponerse el sifon movible por medio de un flotador (*figura* 178); y de este modo, á medida que el líquido baja, desciende tambien el sifon, y conserva la misma altura la columna ascendente. Para llenar el tubo al empezar la operacion, se pueden emplear varios medios; si el sifon no es muy grande, se le añade un pequeño tubo *R* que sirve para aspirar con la boca el aire del tubo tapando su estremo con la mano; si fuera el aparato muy grande, puede

Fig. 177.



ponerse en su parte superior un embudo *N* (*fig.* 179), por el que se echa líquido, que llenará el sifon, teniendo cuidado de tapar los estremos *H* y *C;* despues que esté lleno se tapa bien con un corcho el embudo, y el líquido saldrá: si se ponen llaves, se hará mas facilmente la operacion. Tambien puede llenarse invertido, y despues, tapando sus dos estremos, se introduce en el líquido. En algunas fábricas en que hay necesidad de trasvasar líquidos corrosivos, para no tener que llenar el sifon cada vez que se hace uso de él se construyen de brazos iguales (*fig.* 180):

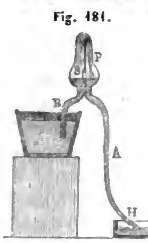
Fig. 178. Fig. 179. Fig. 180.



fórmanse con un tubo *A* que tiene sus dos brazos encorvados y de igual longitud; lleno de líquido, como las dos columnas son iguales, y la presion en los estremos es tambien la misma de la atmósfera, el líquido se mantiene sin salir; pero colocado en un vaso, como á la presion de la atmósfera en el estremo sumerjido se le añade la de la columna *HD*, el equilibrio no existe, y el líquido sale por el otro estremo con una velocidad debida á esta presion *HD:* sacando el sifon del líquido cesa la presion y queda lleno, para repetir con él cuando sea necesario la misma operacion.

302. Sifon de surtidor. Se hacen sifones llamados de surtidor (*fig.* 181), que consisten en un recipiente cerrado *P*, á cuya parte inferior se adapta un tubo *B* que se introduce dentro de él hasta *S*, y otro *A* que sale desde el mismo fondo; invertido este aparato y echando líquido en él en cantidad suficiente para llenar los tubos y solo una parte del recipiente, colocándole despues en su posicion natural y en el líquido, saldrá este por *H*, y el aire dilatado en *P* hará subir el agua, produciéndose un surtidor al estremo *S* del tubo *B*, y continuando por *H* la salida del agua que este surtidor derrama en el recipiente.

Fig. 181.



303. Vaso de Tántalo y otros aparatos. Tambien se hacen otros aparatos de varias formas en que los sifones producen diferentes efectos. El llamado ***vaso de Tántalo*** (*fig.* 182) es una copa *I* que contiene en su interior un sifon que atraviesa su pie: si se echa agua, mientras esta no llegue á la parte superior del sifon se conservará en el vaso, pero en cuanto el sifon se cargue el agua empezará á salir por el pie, y no cesará hasta que la rama corta quede libre. La jarra *T* (*fig.* 183), en que el asa forma un sifon, producirá el mismo efecto. Si se coloca un sifon que tenga sus dos brazos iguales (*fig.* 184) entre dos vasos *E* y *F*, el líquido pasará de uno á otro hasta que la superficie de él en los dos vasos se en-

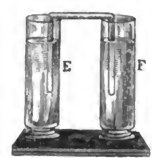
Fig. 182. Fig. 183.





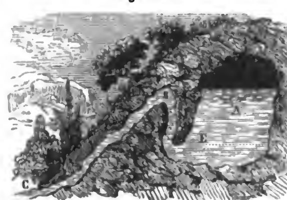
cuentre á la misma altura, pues mientras no suceda así, las dos columnas líquidas del sifon serán diferentes y no podrán hacerse equilibrio: esto da un medio de tener la misma altura de líquido en dos vasos distintos. Tambien se ha hecho aplicacion de los sifones en las llaves de conductos de gas para el alumbrado; está reducida á colocar como contrapeso en ellas un vaso que se va llenando de agua, y es semejante al de Tántalo anteriormente descrito, y que contiene un sifon que le vacia cuando el líquido llega á cierta altura, en este caso se hace mas ligero y abre la llave á que sirve de contrapeso; el agua sigue cayendo hasta que de nuevo se llena el vaso y el sifon le vuelve á vaciar. Indicamos esta aplicacion, que puede ser útil en varios casos, y que veremos mas adelante empleada en algun aparato, con pequeña variacion.

Fig. 184.



304. Fuentes intermitentes naturales. Muchas fuentes intermitentes que se encuentran en varios puntos serán sifones naturales formados por grutas ó capas permeables en los terrenos, y unidas á depósitos donde las aguas se introducen por filtracion ó de otro modo cualquiera. Supongamos (*fig.* 185) un espacio *A* en el interior de una montaña, el cual se va llenando por las aguas que filtran recojidas en el esterior; si este espacio se halla en comunicacion con un tubo natural *B* en la forma que se marca, cuando el agua suba en *A* lo suficiente para llenar tambien el tubo, empezará á salir derramándose por *C*, y continuará saliendo hasta que baje su nivel á *E*, en cuyo caso queda libre el estremo del sifon. Para que vuelva despues á salir el agua es necesario que se llene de nuevo el espacio *A* y el sifon hasta *B*; de modo que las intermitencias en la salida del líquido serán de todo el tiempo en que el líquido pase desde el nivel *E* hasta el de la altura *B*. Los sifones son aparatos muy útiles para trasvasar un líquido, teniendo la ventaja de poder sacar este de la parte que se quiera de su masa; por ejemplo, si tiene posos, se introduce el sifon solo hasta donde esté claro y el poso no saldrá, pudiéndose hacer lo mismo cuando tenga espumas en su parte superior. Los vinos, aceites y demás caldos se trasvasan y separan muy bien; por otra parte es un aparato tan sencillo, que puede hacerse muy facilmente de hojadelata, vidrio, plomo y hasta de madera, segun el líquido y las circunstancias.

Fig. 185.



CAPITULO XVI.

ACÚSTICA.

305. Definicion. *Acústica es la ciencia que tiene por objeto estudiar el sonido* considerado en sus propiedades, y no en las sensaciones que en nosotros produce. La manera de producirse y propagarse el sonido pertenece á la física; pero el modo

de obrar sobre el órgano del oido, es mas bien de la fisiologia, así como el sonido considerado bajo el punto de vista de la sensacion moral que en nosotros produce es del dominio de la música.

306. Sonido: ruido. El *sonido* es la sensacion que en el órgano del oido produce una causa esterior, y se distingue del *ruido* en la especie de sensacion mas ó menos agradable que produce; distincion que está fundada mas bien en un convenio tácito que en diferencias que puedan marcarse con exactitud.

307. Produccion y propagacion del sonido. El sonido se produce por el movimiento de las moléculas de un cuerpo elástico que, separadas de su posicion natural por una causa cualquiera, vuelven á ella, y cuando han vuelto pasan adelante por la velocidad que tienen adquirida en su movimiento, hasta que esta velocidad se destruye; pero entonces las moléculas se encuentran de nuevo en una posicion que no es la natural, y tienden por tanto á volver á ella, pasándola como antes hemos dicho, y produciendo oscilaciones lo mismo que un péndulo, las cuales en este caso toman el nombre de *vibraciones*. Pero el sonido necesita un medio para propagarse, es decir, algun cuerpo cuyas moléculas se pongan tambien en movimiento por el del cuerpo que produce el sonido, y traigan este al órgano destinado en nosotros á percibirle. Se demuestra esta verdad esperimentalmente por medio de un aparato que se compone de un timbre ó campana sobre la que pega un mazo movido por una sencilla máquina de reloj; este aparato se coloca debajo de una campana en la máquina neumática, poniéndole sobre cuerpos poco elásticos, como una almohadilla de pluma ó cosa semejante, para que no comunique sus vibraciones á la platina; haciendo sonar el aparato se percibe mas débil el sonido á medida que se saca el aire, dejando de percibirse cuando se ha hecho el vacío. Si el esperimento se hace con un recipiente que contiene dentro una campanilla, y hecho el vacío se llena de diferentes gases, se percibe al través de todos ellos, y con tanta mayor intensidad cuanto mas denso es el gas; de aquí resulta la ley del sonido que se *propaga con tanta mayor intensidad cuanto mas denso es el medio que le propaga*. Pero no son los gases solamente los cuerpos á propósito para trasmitir el sonido, sino tambien los líquidos y los sólidos. Si se produce un sonido dentro del agua, el choque de dos cuerpos, por ejemplo, es perceptible fuera, y si se produce fuera del líquido, tambien le percibe una persona que se encuentre sumerjida dentro de él. En cuanto á los sólidos, es facil convencerse de que propagan el sonido: hagamos, por ejemplo sobre una mesa, un pequeño sonido que no sea perceptible trasmitido por el aire, pero apliquemos el oido á la mesa y le percibiremos distintamente. Los *escuchas* ó centinelas vigilantes aplican el oido á la tierra para percibir el sonido producido por una persona que se acerque.

308. Modo de propagarse el sonido en los gases. Supongamos un elemento ó porcion del cuerpo que vibra; este elemento al marchar en una direccion choca con el aire inmediato, y le comprime; pero este aire se dilata en seguida por su elasticidad, trasmitiendo su movimiento á una porcion del aire siguiente igual á él, quedando en reposo. Esta nueva capa de aire se comprime, y despues se dilata trasmitiendo su movimiento á la siguiente, quedando en reposo, y así sucesivamente; de modo que se produce una série de ondas condensadas á continuacion unas de otras. Si suponemos dividido el espacio que re-

corre el cuerpo en una porcion de pequeños espacios, al recorrer el primero produce una onda condensada, al segundo otra mas condensada, que seguirá á la primera, y sucesivamente otras, hasta que el cuerpo vibrante llega al medio del espacio que recorre; desde este punto empieza á disminuir su velocidad y va produciendo ondas condensadas de una densidad decreciente, hasta que se para; pero el cuerpo cuando llega al fin del espacio que recorre vuelve en sentido contrario, y produce un vacío que le ha de llenar el aire inmediato, produciendose una onda dilatada que atraerá una capa igual del aire siguiente, quedando el de la primera en reposo y formando otra onda dilatada que á su vez atraerá otra capa de aire igual, y producirá otra tercera onda dilatada, y sucesivamente una série de ellas en sentido contrario de las condensadas: y suponiendo el espacio andado por el cuerpo dividido en partes, se producirá una série de ondas que irán aumentando de dilatacion á medida que el cuerpo aumenta de velocidad hasta la mitad de su carrera, y que disminuirán despues cuando el cuerpo vaya perdiendo su velocidad. Llegado el cuerpo al fin del espacio que recorre vuelve á producir otra vibracion, y á repetirse la formacion de ondas mas y menos dilatadas y condensadas como hemos dicho. Si consideramos ahora que vibra todo el cuerpo, en lugar de un elemento solo, se producirán estas ondas al rededor del cuerpo en una série de esferas cuyo centro será el mismo cuerpo. La primera onda condensada habrá llegado á formar otras sucesivas, de las cuales la última estará á una cierta distancia del cuerpo cuando este en una vibracion llegue al fin de su carrera, y en el espacio que media entre esta última onda y el cuerpo se encontrarán todas las ondas condensadas siguientes, lo mismo que las dilatadas, siendo este espacio que se llama una *ondulacion* el que recorre el sonido durante una vibracion del cuerpo, y estas ondulaciones repetidas una á continuacion de otra las que hacen llegar el sonido hasta nosotros. Se concibe segun lo dicho, que si el cuerpo hace pocas vibraciones en un tiempo dado, las ondulaciones formadas serán tambien pocas, y el sonido podrá llegar á ser imperceptible; si son muchas las vibraciones serán de poca estension ó *amplitud*, y las ondulaciones tambien serán pequeñas; pudiendo llegar á ser el sonido imperceptible tambien por esta causa. De aquí se deducirá que la intensidad del sonido aumenta con la amplitud de la ondulacion.

309. Sonido perceptible. Se ha tratado de determinar el número de vibraciones que debe hacer un cuerpo para que el sonido sea perceptible. Se habia creido que con menos de 32 vibraciones por segundo el sonido no podia percibirse, y en el límite superior no estaban los físicos de acuerdo, habiéndose dado números que variaban entre 8000 y 21000 por segundo; pero Savart ha hecho esperimentos valiéndose de una barra que hacia girar entre dos láminas de madera para conocer el límite inferior, y haciendo chocar los dientes de una rueda en una pequeña lámina para el superior, y ha visto que puede oirse claro el sonido con 15 á 18 vibraciones por segundo, y aun con menos para un oido ejercitado, y que á 48000 vibraciones por segundo el sonido es perceptible.

310. Intensidad del sonido con la distancia. La intensidad del sonido disminuye con la distancia, pues la onda esférica primera produce la siguiente, que siendo una esfera de mayor radio, la masa de aire en movimiento será mayor, y por tanto la velocidad producida menor; de modo que á medida que la capa esférica puesta en movimiento está mas lejos del cuerpo, las moléculas de esta

se moverán con menos velocidad, y el sonido perderá de su intensidad, por ser menor la amplitud de la ondulacion (308); de aquí se deducirá con cortos conocimientos de geometría la ley de que *la intensidad del sonido es en razon inversa del cuadrado de la distancia*. Si el sonido se propaga dentro de un tubo, la primera ondulacion no produce movimiento en una masa mayor de aire, sino igual, pues aquí le produce en la capa de aire siguiente, que tendrá la misma forma, y no será, como en el aire libre, una esfera de mayor radio: de aquí resulta que no hay pérdida de velocidad de una ondulacion á otra, y por tanto el sonido llega al estremo del tubo teóricamente con la misma intensidad que se produjo; y aunque en la práctica hay varias causas que le hacen disminuir, llega sin embargo á grandes distancias con muy poca pérdida de intensidad. Se han hecho esperimentos en tubos de conduccion de agua de mas de 3400 pies de longitud, y el sonido se ha propagado con tan poca pérdida que ha podido sostenerse una conversacion en voz natural de un estremo al otro. De esta propiedad se hacen útiles aplicaciones; es muy comun en otros paises colocar tubos llamados *acústicos*, formados de cualquier cuerpo, á veces de goma elástica, entre uno y otro departamento ó piso de los edificios, con el objeto de ponerlos en comunicacion; por ejemplo, en las fondas ó almacenes se hacen los pedidos de un punto á otro por medio de tubos acústicos: aplicacion muy sencilla y ventajosa en muchos casos. Los tubos rectos y de pequeño diámetro son los que propagan el sonido con menos pérdida en su intensidad, como es facil prever.

311. Intensidad del sonido durante la noche. Se ha observado que la intensidad del sonido es mayor durante la noche que en el dia; este fenómeno se habia esplicado por el mayor silencio que naturalmente debe haber en la noche, pero se ha visto despues que hay que atribuirlo á otra causa, porque en algunos desiertos en que el ruido de los insectos es mayor de noche, se ha observado el mismo fenómeno. La esplicacion dada ahora es que durante el dia la masa de aire es menos homogénea, á causa de las corrientes producidas por las variaciones de temperatura.

312. Velocidad del sonido en el aire. De lo dicho sobre la propagacion del sonido (308) se deduce, que las diferentes ondulaciones deben necesitar un tiempo para formarse, y por tanto que el sonido no se propagará instantáneamente. Para medir la velocidad del sonido en el aire se ha hecho estacion en dos puntos cuya distancia se conocía exactamente; tirando un cañonazo en uno de ellos, y suponiendo que la luz se percibia desde el otro al mismo tiempo de producirse el sonido, en lo que no hay error, á causa de la gran velocidad de la luz, se midió el tiempo trascurrido desde el momento en que se producia el sonido hasta el en que llegaba á percibirse en el otro punto. De estos esperimentos, hechos en Francia entre Montlhéry y algunos de los pequeños montecillos de las inmediaciones de París, cuya distancia es de 3$^1/_2$ leguas escasas, ha resultado que la velocidad del sonido estando el aire á la temperatura que se marca con 16 grados, es de 340^m,89, ó sea 1223^p,42; que la velocidad á la temperatura de 10 grados es de 337 metros ó 1209$^1/_2$ pies, y á la temperatura de 0, es 333 metros ó 1195 pies. Tambien se ha observado en estos esperimentos que la velocidad del sonido es uniforme, es decir, que en tiempos iguales recorre espacios iguales; que el estado y presion de la atmósfera, siendo su calor igual, no influyen sensiblemente en la velocidad; y que

el aire en movimiento, si tiene la direccion del sonido, aumenta la velocidad, y s tiene direccion contraria, la disminuye.

313. Velocidad del sonido en los gases. La velocidad del sonido varia en los diferentes gases. Segun los esperimentos hechos, reducidos á cálculo, se ha encontrado que en el estado de calor que se llama de 0, tiene el sonido en los diferentes gases las siguientes velocidades en metros por segundo.

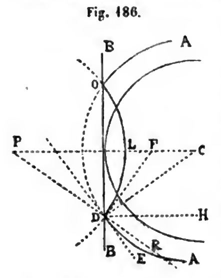
Acido carbónico........................	216
Oxígeno................................	317
Oxido de carbono......................	337
Hidrógeno....................	1269

314. Velocidad del sonido en los líquidos. Al través de los líquidos se ha encontrado una velocidad mucho mayor para el sonido que en los gases, pudiendo fijarse la velocidad en el agua, segun los resultados de varios esperimentos, en 1435 metros por segundo, ó sea 5150 pies.

315. Velocidad del sonido en los sólidos. En los sólidos es mayor que en los líquidos la velocidad del sonido; segun los esperimentos hechos y los resultados del cálculo, se ha encontrado que en los metales varía la velocidad, siendo 4 á 16 veces mayor que en el aire; en el hierro fundido es $10^1/_2$ veces mayor, y en las maderas entre 10 y 16.

316. Reflexion del sonido. Cuando las ondas sonoras chocan con un cuerpo que interrumpe su propagacion, se reflejan como los cuerpos elásticos, formando el ángulo de incidencia igual al de reflexion. Supongamos (*fig.* 186) una onda sonora *A* que encuentra un plano *B;* en este caso se refleja, y como los ángulos

Fig. 186.



con las curvas los hemos de medir por sus tangentes (105), la onda reflejada será tangente á una línea que forme con la *DH*, perpendicular al plano, el mismo ángulo que forma la *DE;* esta línea es la *DF*, y será muy facil ver con pequeños conocimientos de geometría, que la perpendicular *DP* á esta tangente nos dará en *P* el centro de la onda reflejada, á igual distancia del plano *B* que se encuentra el centro *C* de la onda que se refleja ó el punto donde se produce el sonido. Siendo la onda reflejada *DLO*, y tirando la línea *DR* que forme con *HD* el mismo ángulo que la *CD*, tendremos que el sonido que habia de percibirse en *D* ó en un punto de la *CD* se percibirá en cualquiera de los puntos de la *DR*, que es parte de la *PR*, con mas ó menos intensidad segun la distancia. La velocidad del sonido reflejado es la misma que la del sonido directo, y sufre la variaciones que este en iguales circunstancias. Si la superficie que refleja no es un plano, la determinacion del modo de producirse las ondas reflejadas no es facil; pero se ha encontrado que si la superficie es elíptica, las ondas sonoras que parten de un foco tienen por centro despues de reflejadas el otro foco, y lo mismo en las superficies hiperbólicas.

317. Ecos. Los ecos resultan de la reflexion del sonido en una superficie

cualquiera, por ejemplo, una montaña ó un edificio. La onda sonora llega á una superficie que la refleja, y esta onda reflejada podrá llegar al oido de la persona que ha producido el sonido, en cuyo caso volverá á oirle en un tiempo mas ó menos largo, segun la distancia del cuerpo que le refleja; será facil calcular cuál debe ser esta distancia para que puedan percibirse varias sílabas de una palabra pronunciada; en efecto, una persona puede pronunciar 7 sílabas por segundo, término medio, luego en cada sílaba emplea $^1/_7$ de segundo; en este tiempo se puede contar que el sonido anda **174** pies (312), luego el cuerpo que refleja el sonido deberá estar á $^{174}/_2$=87 pies de distancia para que, mientras se pronuncia una sílaba, vaya el sonido de la sílaba anterior y vuelva hasta el que le ha pronunciado, y entonces la percibirá á continuacion de la segunda pronunciada; es decir, que mientras pronuncia la última oirá la penúltima y en seguida esta última; y como el sonido que forma será mas fuerte que el reflejado, solo oirá con claridad la que viene despues que ha callado. Si la distancia es doble oirá por la misma razon dos sílabas despues de pronunciada la última, y así sucesivamente, pudiendo tambien oir mas si se habla de prisa. Si hay varios cuerpos que reflejen el sonido, cada uno le vuelve en mas ó menos tiempo segun la distancia; y si están dispuestos de modo que las ondas reflejadas por todos, vayan á parar al observador, oirá este varias veces el mismo sonido: si por ejemplo hay dos cuerpos que reflejan, uno á **87** pies y otro á **174**, se producirán los dos ecos de la última sílaba, uno á continuacion de otro: no es facil que se reunan estas circunstancias; sin embargo existen de estos ecos múltiples. El eco no se produce solo en el campo, sino tambien en el interior de algunos edificios. La iglesia de Santa Genoveva de París tiene en sus subterráneos un eco muy notable. Cuando en el interior de un edificio existen bóvedas elípticas que forman los techos de algunos departamentos, y las paredes ó ángulos pasan por los focos, el sonido producido en uno de estos focos viene á reunirse en el otro; segun lo que antes hemos dicho (316), y se oye en este un sonido producido en el primero aunque sea pequeño, de modo que dos personas pueden conversar en voz baja y sin ser oidas de otras colocándose una en cada foco. Muchos ejemplos pudiéramos citar de puntos donde este fenómeno se produce, es notable en París por esta causa el vestíbulo del Conservatorio de artes; en Londres el arranque de la cúpula de San Pablo, en la parte que llaman galería del eco; en Madrid, una sala del ministerio de la Guerra tiene tambien esta propiedad; y en la Alhambra de Granada la sala del secreto.

318. Resonancias. Cuando la distancia del cuerpo que refleja es menor que la marcada para producir el eco (317), no deja por esto de producirse, pero los sonidos reflejados se confunden con los directos y no se perciben separados, oyéndose sin embargo un segundo sonido que en este caso se llama *resonancia.* Para evitar este fenómeno, que es de muy mal efecto en los salones, se cubren sus paredes de cuerpos no elásticos, como colgaduras y tapices, que disminuyen la resonancia.

Es muy importante tener presente al construir teatros ó salas donde ha de hablarse en voz alta, la circunstancia de la reflexion del sonido, para evitar los ecos y en lo posible las resonancias. Las bocinas y otros aparatos acústicos están formados de manera que reflejan los sonidos al principio de los tubos, y despues los conducen á larga distancia.

319. Sonido musical. Un sonido musical es una continuacion de soni-

dos percibidos por el oido, produciendo en él una sensacion larga y mas ó menos agradable. Se distinguen en un sonido tres distintas cualidades: la *intensidad*, el *tono* y el *timbre*.

320. Intensidad del sonido. La *intensidad* es la mayor ó menor fuerza de este sonido, producida por la estension de las vibraciones del cuerpo que le forma; de modo que podrá un sonido conservarse igual en todas sus propiedades y variar sin embargo de intensidad. Si en el piano se pisa una de las teclas suavemente, se produce un sonido de poca intensidad; y si se pisa fuerte, será el mismo sonido pero de mayor fuerza ó intensidad.

321. Tono. El *tono* resulta del mayor ó menor número de vibraciones que produce un cuerpo en un tiempo dado, siendo el sonido mas agudo ó mas *alto* cuando es formado por un cuerpo que vibra con mucha rapidez, y mas grave ó *bajo* cuando el cuerpo que le produce hace solo un pequeño número de vibraciones en la unidad del tiempo. Un sonido será por lo tanto grave comparado con otro producido por mayor número de vibraciones, y agudo si se compara con el que se forme de un menor número de vibraciones en tiempo igual.

322. Timbre. El *timbre* es una circunstancia particular de los sonidos, que á pesar de ser de igual intensidad y del mismo tono, se diferencian de manera que el oido menos ejercitado puede distinguirlos; no se confunde el sonido de un violin con el de un piano ó una flauta, á pesar de que sean completamente iguales; y aun las personas se distinguen por su voz. No es facil esplicar la causa del timbre distinto, pero varia con el cuerpo que le produce, con la forma de este, con el modo de hacerle vibrar, y aun con las circunstancias del cuerpo mismo.

323. Unison: acorde. Dos sonidos se dicen *al unison* cuando son producidos por igual número de vibraciones en el mismo tiempo, y se dicen *acordes* cuando están al unison, ó cuando son producidos por un número de vibraciones múltiplo uno de otro, por ejemplo, el uno por doble, triple ó cuádruple número que el otro.

324. Escala musical. Si un sonido aumenta ó disminuye de gravedad en intérvalos particulares que facilmente distingue un oido algo ejercitado, forma lo que se llama la *escala musical*, dándose á cada uno de estos sonidos los nombres de *Do*, *Re*, *Mi*, *Fa*, *Sol*, *La*, *Si*, que vuelven á repetirse. Es facil medir la relacion de los números de vibraciones que un cuerpo produce para formar los diferentes sonidos de la escala, valiéndose de un aparato llamado *Sirena*, que consiste en un fuelle que hace salir viento por los agujeros de dos discos, de los cuales el uno gira y señala sus vueltas en un contador. Del número de estas vueltas y del de agujeros se deduce el número de vibraciones del aire, y por consiguiente de un cuerpo que con este se ponga al unison.

325. Vibracion de cuerdas. Para estudiar los efectos producidos por la vibracion de las cuerdas se hace uso del aparato llamado *sonómetro*, que consiste en una caja de madera, de tablas delgadas, dispuestas para vibrar; una cuerda sujeta por un estremo y que sostiene en el otro un platillo, se tiende sobre dos puentes que lleva el aparato, el cual está dividido en partes, y otro puente movil puede servir, colocado en el lugar conveniente, para acortar ó alargar la cuerda. Con este aparato se puede apreciar la tension de la cuerda por el peso que se cuelgue en su estremo, la longitud por el puente movil, y el grueso variando de cuerda. De las observaciones en él y por medio del cálculo, se ve que el número de vibracio-

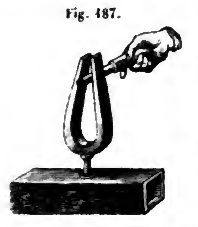
nes de una cuerda está en *razon inversa de su longitud, de su grueso, de la raiz cuadrada de su densidad, y en razon directa de la raiz cuadrada del peso que produce su tension*: pero entendiéndose que estas leyes son para las vibraciones trasversales, es decir, las producidas en sentido perpendicular á las cuerdas, y no para las que tambien pueden producir en sentido de su longitud.

326. Puntos nodales. Al vibrar las cuerdas se observan en ellas unos puntos en que las vibraciones son apenas sensibles, y que dividen á la cuerda en partes iguales, formándose entre ellos las verdaderas vibraciones en sentido inverso de uno á otro intérvalo; estos puntos se llaman *nodos*, y los intérvalos forman lo que se llama *vientres* de vibracion. Pueden reconocerse los nodos colocando tiritas de papel montadas sobre diferentes puntos de la cuerda; haciéndola vibrar, veremos caer al instante algunos de ellos, quedando otros, en los que se advertirá muy poco movimiento. Se producen estos puntos nodales donde se desea, colocando el puente movil en el sonómetro á diferentes distancias, sin pisar la cuerda encima de él: si se coloca á la tercera parte de la longitud de la cuerda y se hace vibrar la parte mas corta, en la otra se produce un nodo en el centro, si á la cuarta, dos, y asi en los demás casos.

327. Longitud de las cuerdas para las diferentes notas. Colocando á diferentes distancias el puente movil del sonómetro, se encuentran las longitudes de las cuerdas que producen las siete notas de la escala, cuyas longitudes resultan ser las siguientes. Si la cuerda entera produce el *do*, una longitud de $^{8}/_{9}$ de ella produce el *re*, $^{4}/_{5}$ el *mi*, $^{3}/_{4}$ el *fa*, $^{2}/_{3}$ el *sol*, $^{3}/_{5}$ el *la*, $^{8}/_{15}$ el *si*, y $^{1}/_{2}$ produce de nuevo el *do;* siendo con respecto á esta mitad las mismas fracciones las que producen iguales notas: y como hemos dicho que el número de vibraciones está en razon inversa de la longitud (325), se tendrá la relacion del número de vibraciones que una cuerda produce para dar las diferentes notas, invirtiendo estas fracciones; por ejemplo, en el tiempo que una cuerda que da la nota *do* produce una vibracion, la que da *re* producirá $^{9}/_{8}$ ó sea $1^{1}/_{8}$ de vibracion: habiéndose visto que el sonido grave de contrabajo se produce por **128** vibraciones, si el *do* es con estas **128**, el *re* será $128+128:8=144$; y así los demás.

328. Varillas y lengüetas. Se diferencian estas de las cuerdas en que están solo sostenidas por un estremo, y en ellas se observan las dos especies de vibracion de las cuerdas (325) y puntos nodales. Se ha visto que el número de vibraciones que producen está en razon directa de su grueso é inversa del cuadrado de su longitud, siendo sin influencia el ancho, en las lengüetas. Cuando las varillas están encorvadas, el sonido producido depende tambien de su curvatura. Con una plancha estrecha y gruesa encorvada, se hace un aparato llamado *diapason* (*fig.* 187); este aparato se apoya en una caja de madera delgada para que refuerce el sonido, y para hacerle producir se introduce un cilindro de madera mas grueso que la distancia de los estremos; sacándole rápidamente, las dos lengüetas vibran y producen un sonido igual siempre, que sirve para dar tono á los instrumentos, es decir, para tener un sonido que sirva de tipo en el arreglo de los que debe producir el instrumento.

Fig. 187.



329. Vibracion de placas. Si se fija una placa por su centro ó por uno de sus estremos y se la hace vibrar, ya pasando un arco de violin por su borde, ó ya por la influencia de las vibraciones producidas por otro cuerpo en su inmediacion, se observa que en placas enteramente iguales en todo, escepto en el grueso, el número de vibraciones está en *razon directa de este grueso*, y siendo todo igual escepto la superficie, se halla este número en *razon inversa de la estension de la superficie*.

330. Líneas nodales. Así como en las cuerdas hay puntos nodales, en las placas existen líneas; y facilmente se observa la forma de ellas, echando sobre la placa que ha de vibrar un poco de arena fina bien repartida; haciendo vibrar la placa se reune la arena en las líneas nodales, marcándolas perfectamente. La forma de estas líneas varía de un cuerpo á otro; varía tambien con la gravedad del sonido, con el punto de apoyo de la placa, y con la forma diferente de esta, de modo que pueden producirse líneas nodales enteramente caprichosas y variadas. La *figura* 188 representa algunas de estas líneas, que son fáciles de producir sosteniendo las placas en un pie (*fig*: 189) por diferentes puntos; y pasando un arco de violin por su borde. Tambien suelen clavarse las placas en un pie que las sostiene por su parte inferior.

Fig. 188.

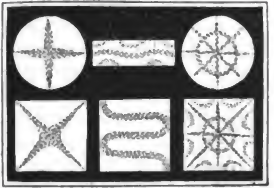


Fig. 189

331. Cuerpos flexibles. En los cuerpos flexibles, como pieles tendidas ó madera delgada, se producen tambien líneas nodales; si colocamos un pedazo de vejiga ó un pergamino bien tenso en un bastidor y se hace vibrar, ya sea por el borde, ya dándole un golpe, ó por influencia de otro cuerpo que vibre, se obtienen as líneas nodales de varias figuras. El sonido producido en estos casos es mas agudo cuanto mayor es la tension y menores las dimensiones de las membranas.

332. Instrumentos de viento. En los instrumentos de viento el sonido se produce principalmente por la vibracion del aire dentro de los tubos; el cuerpo de que estos se encuentren formados tiene poca influencia, haciendo solo variar el timbre. La vibracion del aire se puede producir rompiendo la corriente que sale de un tubo estrecho por medio de un cuerpo duro cortado en ángulo, como sucede en los silbatos, en los cuales no hay mas que soplar para producir el sonido, pues el aparato está dispuesto para producir el efecto. Tambien se rompe la corriente en la flauta, pero de distinto modo, pues en ella es necesario que el aire salga de los labios de una manera particular para que choque contra el borde del agujero por donde ha de entrar; otras veces se hace vibrar el aire por el movimiento de una lengüeta, como en el clarinete y algunos tubos de órganos; y tambien puede producirse la vibracion por el movimiento de una membrana flexible, que es lo que sucede en el órgano de nuestra voz. La vibracion del aire en los tubos se produce como si este fuera una varilla sólida, formando puntos nodales y siguiendo algunas leyes estudiadas por Bernouilli; pero no estan entera-

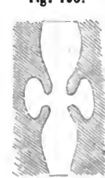
mente de acuerdo con la práctica los resultados que ha dado este físico, pues la columna de aire dentro del tubo, no recibe movimiento sino por un estremo, y deberia ser en toda su masa para que los cálculos y la práctica se encontraran acordes.

223. Organo del oido. El órgano del oido es acaso el menos conocido de todos los del hombre. Se compone en su parte esterior de una membrana dura, llamada *pabellon*, que es la parte que vulgarmente se llama *oreja;* este pabellon se encuentra unido á un conducto que se introduce en la cabeza, llamado el *conducto auditivo*, abierto por la parte esterior, y cerrado por la interior con otra membrana delgada y tensa llamada *membrana del tímpano;* hasta aquí es el *oido esterno:* detrás se encuentra un espacio que es la *caja ó cavidad del tímpano*, que comunica con la garganta por medio de un canal llamado *trompa de Eustaquio*, por donde se llena de aire. En esta caja, y en la parte opuesta al tímpano, hay dos aberturas cubiertas con dos membranas delgadas; estas aberturas se llaman por su forma, una la *ventana oval*, cubierta por la *membrana vestibular*, y otra la *ventana redonda*; cubierta por la *membrana coclear*. Entre la ventana oval, y la membrana del tímpano hay una especie de cadena formada por cuatro huesecillos articulados uno en otro, que tienen diferentes nombres análogos á su forma, llamándose *martillo, yunque, lenticular* y *estribo*. Esta parte compone el oido medio. Detrás de la ventana redonda hay un canal en forma de espiral llamado el *caracol*, y en comunicacion con este, detrás de él, hay otra cavidad llamada el *vestíbulo*, que llega hasta detrás de la ventana oval; á este vestíbulo llegan tres canales semicirculares que forman con el caracol y el vestíbulo el *laberinto*, que se encuentra lleno de un líquido jelatinoso cuyo nombre es *linfa de Cotugno* y en él se ramifica el *nervio acústico* en una infinidad de pequeños filamentos: toda esta parte es el *oido interno*. El pabellon parece destinado á recojer las ondas sonoras y dirigirlas al canal auditivo, y es una prueba el que en algunos animales es móvil, y le colocan siempre en la direccion en que deben recibir el sonido; las escabrosidades que le forman tienen por objeto, al parecer, el presentar siempre una superficie que refleje las ondas al interior, sea cualquiera la direccion de estas; tambien suponen algunos que vibra y trasmite sus vibraciones: el pabellon no es necesario para oir, pues algunos animales no le tienen, por ejemplo las aves, y los que le tienen no dejan de oir porque se les corte. La onda sonora que llega por el canal auditivo al tímpano le hace vibrar, y estas vibraciones se comunican por la cadena de huesecillos, por el aire que se encuentra en la caja del tímpano, y por las vibraciones del aparato, á las ventanas del laberinto, en donde á su vez vibra el líquido jelatinoso y comunica estas vibraciones al nervio acústico, desde el cual pasan á producir la sensacion en el individuo. El tímpano puede modificar las vibraciones, pues tendiéndose mas ó menos por la diferente presion que sobre él forman los 4 huesecillos que se encuentran detrás, le hacen que se afloje ó se tienda para percibir sonidos débiles ó agudos, y producir de este modo vibraciones mas ó menos estensas, modificando la sensacion; pero tampoco es parte esencial, pues no existe en algunos animales, y el hombre puede oir sin tímpano y sin que obre la cadena de huesecillos; sin embargo, interceptada la trompa ó canal de la caja, se produce la sordera. Por las dos membranas, vestibular y coclear, pasa la vibracion á la linfa, que la trasmite al nervio acústico; y se supone que la tension de la membrana

vestibular varía como la del tímpano por los huesecillos, y que se comprime la linfa; esta á su vez comprime hácia afuera la membrana coclear y aumenta su tension; pero aunque se desgarre una de estas membranas, la sordera no es completa. El papel que desempeñan las demás partes del laberinto no se conoce; hay quien supone que la parte donde verdaderamente se produce la sensacion es el caracol, porque una vez destruido, la sordera es completa; pero hay animales en los que no se ha encontrado, y oyen; en cuanto á los canales circulares pueden destruirse sin producir la sordera. Todas estas partes del oido interno parecen destinadas á trasmitir por sus vibraciones el sonido y no á percibirle, porque si vamos descendiendo en la escala de los animales, nos encontraremos el órgano del oido cada vez mas simplificado, hasta reducirse en los crustáceos á una cavidad en donde se encuentra el líquido jelatinoso en el que se ramifica el nervio acústico; este es por lo tanto la parte esencial para la percepcion, y el oficio de todas las demás no pasa de suposiciones, siendo menos conocido naturalmente el de las partes mas internas; por eso hemos reasumido las opiniones mas admitidas, y solo como ejemplo de lo poco que se sabe en este punto: pudieran citarse otras teorías para esplicar el oficio de cada parte, pero nos limitamos á lo dicho, pues basta para dar una ligera idea del órgano del oido.

334. Organo de la voz. Este órgano en el hombre se compone de los *pulmones*, de donde sale el aire, los cuales se encuentran unidos á dos canales llamados *bronquios*, que se reunen para formar uno solo en la *traquearteria*, la que se prolonga y toma mas arriba el nombre de *laringe;* esta tiene en su parte superior la *glotis*, que es una cavidad de la *laringe*, ensanchada por su centro, formando los *ventrículos* de la *laringe*, cubiertos por dos pliegues salientes, uno superior y otro inferior, de una membrana mucosa, elástica, que se llaman *cuerdas vocales;* pero advertiremos que no todos convienen en llamar glotis á este aparato, sino á alguna de sus partes: los estremos de estos repliegues se llaman los *labios de la glotis*, y todo forma una figura semejante á la que se indica (*fig.* 190): mas arriba termina la laringe en una membrana que puede compararse á una válvula que cierra el canal, y se llama la *epiglotis*, cuyo objeto es cerrar la laringe, y no permitir el paso á ningun cuerpo en el acto de la deglucion. Sigue despues la boca con todas sus partes, que modifican los sonidos, y las fosas nasales, que tambien los modifican. La voz se produce por el aire que saliendo de los pulmones pasa á la laringe, la cual es el sitio de la produccion, y lo prueba el que si se hace una incision en la traquearteria por donde el aire se salga no hay produccion de sonido. La parte de la laringe en que este se forma parece ser las cuerdas vocales inferiores, porque si se quitan todas las demás partes hay produccion de sonido, pero no la hay en cuanto se quitan estas; sin embargo, el modo de producirse no está determinado. Se ha supuesto formado por la vibracion de las cuerdas, que hacen el oficio de lengüetas vibrantes como en los instrumentos de este género. Savart supuso que se formaba el sonido por dilataciones y condensaciones del aire dentro de los ventrículos, asimilando la glotis á los aparatillos (*fig.* 191) con que se reclaman algunas aves, en los que esplicó el sonido por la dilatacion producida en el aire de dentro del aparato al pasar una corriente por los agu-


Fig. 190.



jeros, dilatacion que llegando á cierto límite atrae el aire esterior, y en estas alternativas vibra y produce el sonido. Este aparato le llegó á modificar hasta darle la forma *fig.* 192, ya muy semejante á la glotis, y en el que no hay mas que soplar por el tubo para producir el sonido. Sin embargo, segun esperimentos recientes sobre la vibracion de lengüetas elásticas, parece deben ser los labios de la glotis los que al vibrar producen el sonido; pero el órgano de la voz debe considerarse acaso como un instrumento especial distinto de los conocidos, debiendo ser un instrumento de aire en que los pulmones forman el fuelle, la traquearteria el tubo conductor, la glotis el punto de formacion del sonido, y despues la boca el punto donde este sonido se modifica y refuerza por medio de sus diferentes partes para producir la palabra, sirviendo las fosas nasales de conducto por donde marcha el aire en esceso. Las condiciones particulares de las varias partes del órgano de la voz producen la diferencia que se observa en los individuos, ya en su edad, su sexo ó su estado accidental; un niño tiene la voz atiplada, porque su glotis es estrecha; pero desarrollada en la pubertad hace que la voz de tiple se convierta en varonil, y á veces en bronca y baja: una persona que tiene obstruidas las fosas nasales no puede hacer salir por ellas el aire en esceso, y habla gangoso; y así en otros casos. En los animales el órgano de la voz está dispuesto como en el hombre, de modo que los que no tienen pulmones carecen de voz. Los pájaros tienen muy cerca de los pulmones la glotis, y por esta razon si se corta la cabeza á uno de estos animales, comprimiendo sus pulmones sale el aire de ellos y atraviesa la glotis produciendo sonidos, pues esta no se ha destruido; pero en el hombre, que la tiene muy cerca del estremo superior de la laringe, no se produce el mismo efecto, pues si se le corta la cabeza queda solo en el tronco la traquearteria, que deja salir el aire de los pulmones sin producir sonido.

Fig. 191.

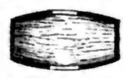
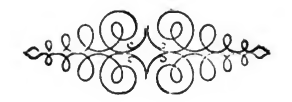


Fig. 192.



SEGUNDA PARTE.

CALORICO.

CAPITULO I.

PROPIEDADES GENERALES Y MEDIDA DEL CALOR.

335. Definicion. Se da el nombre de calórico á *un agente que existe en la naturaleza, cuya principal propiedad es la de separar ó desunir las moléculas de los cuerpos*, contrariando en ellas la fuerza de cohesion. El calórico forma en nosotros las sensaciones que denominamos calor ó frio. Es incoercible, puesto que no es posible retenerlo en un punto indefinidamente: sabido es que si calentamos un cuerpo, en mas ó menos tiempo, pierde el calor que recibió, ó se *enfria*. Es imponderable, y para probarlo no hay mas que calentar un cuerpo cuyo peso se conoce; volviéndole á pesar cuando esté caliente, veremos que no hay ninguna diferencia.

336. Teorías. Entre las muchas hipótesis formadas para esplicar el calórico hay dos principales. Una de ellas es suponer un fluido material cuyas moléculas están en un estado de repulsion, y que combinado con los demás cuerpos impide el contacto de las moléculas de estos, teniendo además este fluido la propiedad de poder pasar de un cuerpo á otro que tenga menos: esta es la teoría llamada de las *emisiones;* en ella, como vemos, un cuerpo se enfria porque pierde calórico. La segunda hipótesis es que el calórico se produce por un movimiento de vibracion de las moléculas en los cuerpos, cuyas vibraciones se trasmiten á las de los demás cuerpos por las ondulaciones que producen en un fluido sumamente sutil y elástico llamado *eter*, que suponen existe en la naturaleza; cuanto mas caliente se encuentre un cuerpo mayor será la rapidez é intensidad de las vibraciones: esta es la teoria de las *ondulaciones*, y en ella, como vemos, el enfriamiento es producido por perder movimiento las moléculas del cuerpo; esta es la que en el dia parece mas cierta.

337. Temperatura. La mayor ó menor cantidad de calórico sensible que tiene un cuerpo se llama su temperatura.

338. Equilibrio del calórico en los cuerpos. El calórico tiende siempre á equilibrarse en los cuerpos: si colocamos uno en cualquiera de sus tres estados en contacto de otro en el mismo ó en diferente estado, pero de temperatura menor, observaremos que el cuerpo mas caliente pierde parte de su calórico y el mas frio se calienta hasta tanto que los dos tomen la misma temperatura: esta es la causa por qué ponemos al fuego un cuerpo que deseamos calentar.

339. Esplicacion del estado de los cuerpos. El calórico tiende á separar las moléculas de los cuerpos (335) contrariando la atraccion molecular, de modo que en un cuerpo sólido la atraccion molecular vence á esta fuerza repulsiva del calórico. Si se le calienta se dilata por seguir la separacion de sus moléculas, hasta que llega á una temperatura variable para los diferentes cuerpos, á la cual se convierte en líquido, y entonces se puede decir que las dos fuerzas están en equilibrio. Calentándole todavía mas, continua dilatándose hasta llegar á una temperatura en que la atraccion molecular está vencida por la fuerza repulsiva, y pasa el cuerpo al estado gaseoso. Resulta de lo dicho, que en los sólidos vence la atraccion molecular, en los líquidos hay equilibrio entre las dos fuerzas, y en los gases vence la fuerza repulsiva; teoría que está muy de acuerdo con los fenómenos que se observan en los cuerpos. Tambien resulta que un cuerpo para pasar de un estado á otro necesita tomar ó abandonar calórico: citaremos el ejemplo del agua, que siendo líquida, si se la enfria, ó lo que es lo mismo, si se la quita calórico, se convierte en sólida ó hielo, y si la calentamos se hace vapor. Nos ocuparemos mas adelante de estos cambios de estado.

340. Dilatacion de los sólidos por el calórico. Hemos dicho (339) que el calórico dilata los cuerpos. Vamos á demostrar que así sucede, pues tiene importantes aplicaciones esta propiedad. La dilatacion es siempre en volumen ó *cúbica*, pero en los sólidos muchas veces es necesario conocer solo la *lineal*. Para probar esta dilatacion lineal de los sólidos supongamos una barra *A* (*fig*. 193) del cuerpo que deseamos observar, la cual atraviesa dos soportes *B* y está fija á uno de ellos por medio de un tornillo: si se calienta esta barra, como se halla fija en un estremo, la dilatacion se manifestará por el otro: coloquemos una aguja *D* que pueda girar al rededor del punto *O*, y hagamos que apoye la barra en el brazo menor; el otro brazo describirá un arco de círculo al dilatarse aquella, y marcará en un cuadrante la mayor ó menor estension que toma. Poniendo cuerpos diferentes y calentándolos con la lámpara *H* colocada debajo de ellos, se puede observar la dilatacion de un gran número. Otro método, que servirá para todos los cuerpos sólidos, ó mas bien el mismo modificado, consiste en colocar la barra *B* (*fig*. 194) en el fondo de la caja *C*, metálica, en la cual está apoyada invariablemente por uno de sus estremos *D*; el otro estremo se hace apoyar en el de una palanca vertical *P* movil al rededor del punto *R*, en el que lleva un anteojo perpendicular á su direccion, y á una distancia conveniente se coloca la regla *H*, que recibe las visuales dirijidas por el anteojo. Supongamos que colocada la palanca *P* vertical, la visual dirigida por el anteojo marca en la regla *H* el punto *O*; inclinemos la palanca de modo que su estremo *X*

Fig. 193.

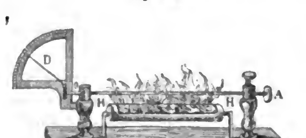
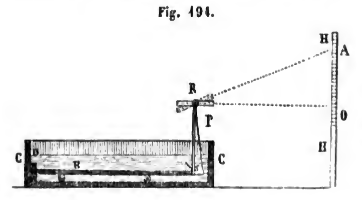


Fig. 194.



pase al punto *S* recorriendo una distancia, por ejemplo, de 1 milímetro; el anteojo variará de posicion y marcará con su visual un punto que supondremos el *A:* si la regla *H* se encuentra á mucha distancia de la palanca, entre los puntos *A* y *O* habrá un espacio suficiente para dividirle en un número de partes, supongamos en 100, y tendremos de este modo que si la barra *B* aumenta $^1/_2$ milímetro, el anteojo marcará 50 divisiones, es decir, la mitad de la distancia *AO;* é inversamente, cuando las visuales no se separen mas que una sola division, la barra habrá aumentado 1 centésima parte de milímetro. Dispuesto el aparato de este modo coloquemos la barra que se ha de observar en la caja *C*, y pongamos en esta caja un líquido que escojeremos segun el cuerpo de que esté formada la barra; calentando este líquido iremos viendo que el anteojo marca diferentes divisiones, y tendremos medido, cuando el problema lo exija, el aumento de la barra. La dilatacion cúbica puede conocerse tambien con algunos esperimentos. Supongamos un pedazo de hierro *A* (*fig.* 195), en el que se practica un taladro circular ó cuadrado; supongamos tambien una barra *B* que entre perfectamente ajustada en este taladro cuando se encuentre á la temperatura ordinaria; calentando la barra veremos que no puede entrar en el taladro de *A* mientras conserve su elevada temperatura. Este aparato es conocido con el nombre de ***anillo de S'Gravesand***, y se ha modificado del modo siguiente (*fig.* 196). El soporte *A* sostiene por medio de una cadenilla la esfera *B*, que pasa justa por el anillo *C* sostenido en el soporte por medio del tornillo *E;* retirado el anillo y calentando la esfera, lo que se hace generalmente con una lamparita *F* en que arde alcohol, si se coloca sobre el anillo no puede pasar hasta que se enfria. Facilmente se demuestra que para la dilatacion cúbica se puede tomar el triple de la lineal, y esto es lo que se hace generalmente; es decir, que si un cuerpo se dilata 4 unidades lineales, se dilatará $3\times4=12$ unidades de volumen, pudiéndose tomar tambien, si es necesario, el duplo de la lineal, ó $2\times4=8$ unidades superficiales para estension en superficie. Se ha observado que los sólidos no se dilatan de una manera uniforme, sino que su dilatacion es mayor para un mismo aumento de temperatura cuando esta es mas elevada, siendo la mayor dilatacion cerca de la temperatura de fusion.

Fig. 195.

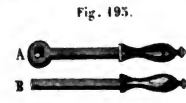


Fig. 196.

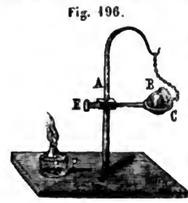
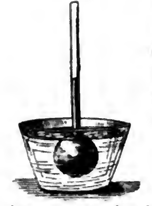


Fig. 197.



341. Dilatacion de los líquidos. Los líquidos se dilatan, y esta propiedad en ellos es muy facil de observar. Supongamos un tubo delgado de vidrio (*fig.* 197), unido á un recipiente; llenando este de líquido y calentándole, veremos al líquido elevarse en el tubo. En estos cuerpos solo se considera la dilatacion cúbica, y hay que distinguir en ellos la dilatacion ***aparente*** y la ***absoluta*** ó ***verdadera;*** pues como los líquidos están contenidos en un vaso ó recipiente, cuando se dilatan por el calórico tambien obra este sobre el vaso y le dilata haciéndole de mayor capacidad, y por lo tanto la dilatacion que marque el líquido será la ***verdadera*** que á él corresponde, disminuida del aumento de volumen del vaso;

es decir, que la marcada será la *aparente:* esta puede encontrarse directamente habiendo dividido el tubo en partes que marquen una fraccion conocida de la capacidad total (142); la verdadera se encontrará corrigiendo la aparente. Podemos convencernos de que existe esta dilatacion del vaso, haciendo el recipiente de bastante capacidad: introduciéndole en agua cociendo veremos que en el primer momento baja el líquido en el tubo, porque el recipiente se calienta antes que el líquido y se dilata; despues se calienta tambien éste, y empieza á subir. Los líquidos no se dilatan de una manera uniforme, y para el mismo aumento de temperatura se dilatan mas cuando esta es mas elevada.

342. Dilatacion de los gases. Los gases se dilatan, y para convencernos podremos hacer un esperimento con el mismo aparato que nos ha servido para los líquidos (*fig.* 197). El recipiente estará lleno de aire, ó le podremos llenar de otro gas: calentémosle lijeramente, y pongamos su estremo abierto dentro de mercurio; cuando el gas se enfrie, veremos penetrar al mercurio en el tubo, prueba que el gas se habia dilatado, y que contraido al enfriarse hace subir al mercurio por falta de presion dentro del tubo: si despues calentamos de nuevo el aire ó gas, se dilata y hace subir el mercurio, pudiendo así medir su dilatacion. En estos cuerpos hay tambien, como en los líquidos, dilatacion aparente y real (341), y siempre se considera la dilatacion cúbica.

343. Aplicacion de la dilatacion de los cuerpos á la medida de temperaturas. Una de las aplicaciones mas importantes de la dilatacion de los cuerpos es á la medida del calórico sensible ó temperatura de otro cuerpo. En efecto, se concibe bien que puesto que un cuerpo se dilata tanto mas cuanto mayor cantidad de calórico recibe, si tenemos un cuerpo en el cual hayamos medido de un modo cualquiera la dilatacion que esperimenta con una temperatura conocida, por ejemplo con la del agua hirviendo, puesto en contacto con otro cuerpo tomará su temperatura, y si este tuviera la misma del agua al hervir, el primero se dilataria como se dilató en ella, y nos haria ver que el cuerpo que observábamos tenia la misma temperatura del agua cuando hierve. Tengamos presente que la sensacion producida en nosotros por una temperatura no puede nunca ser indicacion exacta para medirla, porque esta sensacion será variable segun la temperatura que antes hayamos esperimentado ó por otras causas: pongamos como prueba una mano en agua caliente y otra en hielo; introduzcamos las dos en agua á la temperatura de la atmósfera, y encontraremos sensacion de calor en la mano que tuvimos en el hielo, y de frio en la otra que estuvo en el agua caliente. Esta es la causa por que una cueva, que se mantiene á una temperatura casi constante en todo tiempo, nos parece fria en verano, pues pasamos de un aire caliente á otro mas frio, y en invierno es el efecto contrario, puesto que el de la cueva está mas caliente que el esterior. Muchos fenómenos se esplican tambien por la misma causa, entre ellos el de pozos y fuentes que producen el agua fria en verano y caliente en invierno. Todavía existe otra causa que hace variar la sensacion, cual es la conductibilidad, que veremos mas adelante. Segun esto no servirán nuestras sensaciones para marcar las temperaturas ni podríamos soportarlas en la mayor parte de los casos, y así necesitamos aparatos que las marquen de la manera mas exacta posible. Son estos aparatos de diferentes cuerpos, conforme el uso á que se les destina. Si han de medir

temperaturas muy elevadas, se llaman *pirómetros;* los destinados á temperaturas medias toman el nombre de *termómetros;* y los destinados á medir pequeñas diferencias de temperatura entre dos cuerpos se llaman *termóscopos ó termómetros diferenciales:* nos ocuparemos primero de los termómetros, como mas importantes por su mayor número de aplicaciones.

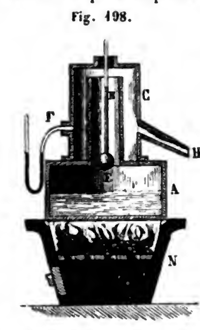
344. Termómetro. El termómetro se compone de un tubo delgado que tiene en uno de sus estremos un recipiente lleno de líquido; está cerrado por el otro estremo, y unido á una escala que marca las varias dilataciones del líquido; pero en su construccion es necesario mucho esmero para que las indicaciones sean lo mas exactas posibles: vamos á detallarla detenidamente.

345. Construccion de un termómetro. Se toma un tubo de cristal de los llamados *capilares*, porque su diámetro interior es muy pequeño: es necesario que este diámetro sea igual en toda la estension del tubo, pues de lo contrario, las porciones de igual longitud en él no tendrian la misma capacidad. Para cerciorarse si tiene esta condicion el que se elija, se introduce en su canal un poco de mercurio, lo que puede hacerse tapando con el dedo uno de los estremos y calentando un poco en el centro; introduciendo el otro estremo en mercurio sin destapar el que estaba cerrado, entrará una porcion de éste, que podrá ser la cantidad que llene un centímetro poco mas ó menos; mediremos con un compás la longitud del tubo lleno, haremos correr el mercurio en el tubo de modo que el principio del mercurio pase al punto donde antes concluia, y volveremos á medir; si repetida esta operacion en todo el tubo nos da siempre una estension igual es prueba de que está bien calibrado; si no lo está, podremos marcar las longitudes de la columna de mercurio para el uso que veremos despues. Ensayado el tubo como dejamos dicho, es necesario formar el recipiente para el líquido en uno de sus estremos, lo que se consigue calentando este estremo á la lámpara de esmaltar hasta que se cierre, y entonces se sopla por el estremo abierto, y el aire introducido formará una esfera. Tambien puede soldarse un tubo de diámetro mayor, cerrado por el estremo opuesto á la soldadura, y formará un recipiente cilíndrico. En seguida es necesario introducir en este aparato el líquido que debe hacer las indicaciones con su dilatacion; pero todos los líquidos no son á propósito, unos por las irregularidades de sus dilataciones, y otros por la temperatura á que cambian de estado. Teniendo en cuenta todo esto, se prefiere el mercurio, por ser el líquido que se dilata con mas regularidad, y además porque pasa á vapor á una temperatura bastante elevada: tambien se suele emplear el alcohol ó espíritu de vino, porque si bien es cierto que se convierte en vapor á pequeña temperatura y sus dilataciones no son muy regulares, en cambio no se solidifica á las temperaturas mas bajas á que se ha sometido; tambien se prefiere al mercurio en los termómetros de grandes dimensiones, por el mucho peso de este. Supongamos que el líquido elejido sea el mercurio, que deberá ser puro para que no se adhiera al cristal y haga invisibles las indicaciones si entra con él algo de óxido: para hacerle entrar en el recipiente se calienta este, y se introduce despues el estremo abierto del tubo dentro del líquido; el aire dilatado por el calor (342) se sale en parte, y despues al enfriarse disminuye de volumen, lo que hace subir al mercurio por la diferencia de presion interior y esterior; de este modo entra una porcion de líquido en el reci-

piente, el cual calentado en seguida se convierte en parte en vapor (339), y desaloja el aire del resto del aparato: introducido como antes el estremo abierto en mercurio, el vapor enfriado se vuelve á convertir en líquido, dejando un vacío que viene á ocupar una porcion de mercurio, llenándose todo el recipiente y parte del tubo. Esta parte llena del tubo deberá ser mayor ó menor segun queramos que el termómetro construido nos marque temperaturas bajas ó elevadas: comprenderemos esto mas adelante. Introducida en el aparato la cantidad de mercurio que hemos juzgado necesaria, tenemos que cerrar el tubo sin que le quede aire, pues este impediria con su presion que el mercurio se dilatara todo lo que corresponde á su temperatura: para cerrar pues el aparato sin que le quede aire, se calienta el mercurio del recipiente, que dilatándose llenará completamente el tubo, y en tal caso se cierra este á la lámpara. Han supuesto algunos que era conveniente dejar algo de aire dentro del tubo para contrarrestar en parte la presion esterior de la atmósfera y hacer menos sensible la contraccion del cristal; pero como la capacidad interior es variable, la presion del aire contenido en esta capacidad varía tambien, y no se puede en tal caso apreciar de una manera exacta la contraccion del vaso. Ya tenemos completo el aparato que nos ha de producir las indicaciones; pero es necesario todavía que estén marcados en él los volúmenes de líquido que corresponden á temperaturas diferentes, y esto es lo que constituye la parte del aparato llamada *escala*. Para formar esta se han tomado dos temperaturas constantes que han marcado dos puntos fijos para servir de comparacion en todos los termómetros, dividiendo despues el intérvalo de estos puntos en un cierto número de partes; los puntos fijos tomados han sido las temperaturas del agua al pasar al estado sólido y al estado de vapor: tratemos de fijar la primera. El agua pasa al estado sólido (339), y luego puede tomar todas las temperaturas mas inferiores; por tanto, si se introduce el aparato en hielo no tendrá siempre la mismo temperatura, de modo que será necesario escojer una constante y la misma para todos los termómetros, y esta ha sido la que tiene el hielo al pasar á líquido; veremos mas adelante que mientras en el agua tengamos hielo, la temperatura será invariable y la misma para el agua y el hielo, y así introduciendo el aparato en una mezcla del agua en estos dos estados, cuando el mercurio permanezca fijo por algun tiempo marcaremos el punto á donde llega en el tubo y en este punto pondremos *cero*, siendo uno de los fijos de la escala. Es necesario advertir que al marcar el cero, todo el tubo debe estar dentro de la mezcla y no en parte fuera, porque esto produciria error, á causa de que la temperatura del aire no será la misma que la de la mezcla. Vemos por lo dicho que el cero no quiere decir falta de calor completa, sino una indicacion convencional; y tengamos presente que falta absoluta de calórico no podemos obtener en ningun cuerpo, pues á todas las temperaturas puede enfriarse mas: asi, frio es tambien una palabra que solo indica una cantidad de calor mayor ó menor segun las circunstancias. Para determinar el otro punto fijo de la escala, que hemos dicho es el de la temperatura que tiene el agua cuando pasa á vapor, es decir, el agua hirviendo, necesitamos varias precauciones. Veremos despues que la temperatura á que un líquido se convierte en vapor depende de la presion que este líquido sufre; y por tanto, como en un vaso las capas inferiores del líquido tienen la presion de todas las superiores, se convertirán en vapor á una temperatura mayor que las inmediatas á la superficie;

de modo que si se introduce el tubo en el agua, su recipiente se encontrará á mayor temperatura que la del resto del aparato, y marcará un punto tanto mas elevado cuanto mayor sea la profundidad del líquido: evitaremos este inconveniente introduciendo el aparato, no en el agua sino en el vapor de ella, pues veremos despues que un vapor tiene la temperatura que corresponde á la ebullicion del líquido segun la presion esterior que soporta. Pero evitando este inconveniente queda todavía otro, pues la presion del vapor será la que tiene la atmósfera, y sabemos que esta es variable: ya veremos despues el modo de correjir el nuevo error. El agua pura ó que contiene sales en disolucion, tiene una temperatura distinta al convertirse en vapor, pero segun las observaciones de Rudberg, esto es, sin influencia en la temperatura que el vapor tiene, pues será la misma que si proviniera de agua pura á igual presion. La naturaleza del vaso que contiene el agua influye tambien en su temperatura de ebullicion; pero el mismo Rudberg ha observado que no influye en la del vapor, la cual será siempre la que corresponde á la presion, sea cualquiera el vaso de donde provenga: queda solo que corregir, segun esto, el error que produce la presion variable de la atmósfera, siempre que el tubo se introduzca todo en el vapor y no en el agua, sin que importe el que esta sea pura ó no, y que se ponga á hervir en un vaso de cualquier especie. El aparato que emplea Regnault para este objeto consiste (*fig.* 198) en un vaso metálico *A*, con una abertura en su parte superior donde está adaptado un tubo abierto *B*, al que envuelve otro segundo tubo *C* de mayor diámetro cerrado por la parte superior: este segundo tubo tiene tres aberturas; una arriba por donde se introduce el tubo *E* que se trata de graduar, sujetándole en un corcho que al mismo tiempo tapa esta abertura; tiene otra *F* donde se adapta un tubo encorvado que sirve de manómetro para ver si la presion esterior é interior son iguales, lo que sucederá cuando el mercurio que se pone en el tubo tenga la misma altura en los dos brazos; finalmente, tiene otra tercera salida *H* por donde marcha el vapor en esceso. Se pone agua en *A* y colocado todo sobre un hornillo *N*, el agua en vapor llena el primer tubo *B* donde está colocado el aparato *E*, y desciende por el segundo *C*, impidiendo que la temperatura esterior enfrie el tubo central *B*; cuando permanece fijo el mercurio durante algun tiempo se marca este nuevo punto, y se tiene el superior de la escala. La temperatura convenida para los termómetros es la correspondiente al vapor de agua á la presion de $0^m,76$ del barómetro; de modo que si fuera esta la presion atmosférica, al tiempo de graduar el termómetro pondríamos en este punto 100, número convenido para el agua hirviendo: pero como no es problable que la presion atmosférica sea justamente de $0^m,76$ en el momento de graduar, es necesario corregir, añadiendo ó quitando segun marque el barómetro mas ó menos de $0^m,76$. Biot ha dado un medio exacto de hacer esta correccion, pues ha observado que por cada 27 milímetros que tiene la columna barométrica de mas ó de menos que los $0^m,76$, sube ó baja la temperatura del vapor 1 centésima del intérvalo entre el hielo y el agua hirviendo, que es lo que se llama 1 grado. Supongamos en Madrid que marque el barómetro la presion media (242) de

Fig. 198.



0,706; entre esta y la de 0,76 hay la diferencia de 0,76—0,706=0,054, que es doble de 0,027, luego habria que rebajar 2 grados á la temperatura, y poner 98 en lugar de 100 en el punto marcado por el vapor. Si el barómetro marca 0,742 tendremos 0,76—0,742=0,018: como 18 es $^2/_3$ de 27, el punto marcado debería ser 100—$^2/_3$ en lugar de 100 ó 99$^1/_3$. Para conseguir que el intérvalo desde 0 á este punto marcara las 99 $^1/_3$ partes, hariamos 3×99+1=298 divisiones iguales, y tomariamos 3 de estas para hacer un grado. Si el barómetro marca 0,763, es decir, 0,003 de mas, como 3 es la 9.ª parte de 27 pondríamos en el termómetro 100+$^1/_9$ en lugar del 100, y la division desde el 0 sería 9×100+1=901 partes iguales, marcando 1 grado para cada 9 partes.

346. Escalas termométricas. Hemos dicho que la distancia desde el 0 á la que marca el vapor de agua á 0,76 de presion se divide en 100 partes iguales que se llaman grados; esto forma la escala de los termómetros que se llaman *centigrados*, y es la adoptada generalmente en Francia, y la que se emplea en la ciencia; de modo que cuando espresemos temperaturas, serán tomadas en el termómetro centígrado, á no ser que se esprese otra cosa. Pero no es esta la única division que se suele hacer: son las principales escalas, además de la centígrada, la de *Reaumur* y la de *Fahrenheit*. En la de Reaumur, el 0 es la misma temperatura del hielo fundente, pero en la del agua hirviendo se pone 80 grados; es decir, que en lugar de dividir en 100 partes se divide en 80. En la de Fahrenheit se pone 32 grados en la temperatura del hielo y 212 en la del agua hirviendo, de modo que entre la del hielo y el agua hirviendo hay 212—32=180°. La escala de Reaumur se usa mucho en España para espresar la temperatura de la atmósfera, y la de Fahrenheit la emplean con frecuencia los ingleses y norte-americanos. Es evidente que formada la escala entre el 0 y el agua hirviendo se continua marcando grados sobre esta última y bajo el 0, espresando estos con una numeracion de 0 abajo y diciendo que son grados *bajo cero*, escribiéndose con el signo menos; de modo que puede decirse 8 grados bajo cero ó —8°. Ocurre con frecuencia tener que reducir temperaturas dadas en grados de una escala á las correspondientes en grados de otra; el problema es muy facil de resolver. Sabemos que 100 grados centígrados valen 80 de Reaumur, luego 1 centígrado valdrá 80:100=4:5, y 1 de Reaumur 100:80=5:4, de modo que para reducir un número de grados centígrados á los de Reaumur, los multiplicaremos por 4 y dividiremos por 5, y para reducir los de Reaumur á centígrados, los multiplicaremos por 5 y dividiremos por 4: por ejemplo, 30 del centígrado valen de Reaumur (30×4):5=24°, y 30 de Reaumur valen del centígrado (30×5):4=37$^1/_2$. Para reducir de una de estas dos escalas á Fahrenheit, hemos de tener presente que la estension que marca 100 en el centígrado ú 80 en el Reaumur marca 180 en Fahrenheit; de modo que si 100 centígrados valen 180 Fahrenheit, 1 centígrado valdrá 180:100=9:5, y 1 Reaumur 180:80=9:4; por lo tanto para reducir de centígrado á Fahrenheit se multiplica el número de grados que se han de reducir por 9 y se divide por 5; para reducir grados de Reaumur se multiplica por 9 y se divide por 4; pero en uno y otro caso hemos de tener presente que el 0 marca en Fahrenheit 32°; luego para saber el número que se corresponde en las dos escalas habrá que añadir al que den los grados reducidos el 32 del 0; por ejemplo 20° centígrados corresponden á (20×9):5=36°, pero es contados desde el 0, y como en ese punto marca Fahrenheit 32, habrá que añadir este número á

los 36, y serán $36+32=68°$ los que marcará Fahrenheit donde el centígrado marca 20. Si suponemos que sean 20° del Reaumur los que se han de reducir, tendremos $(20\times 9):4=45$, que añadidos los 32 dará $45+32=77°$; estos marcará Fahrenheit donde Reaumur marque 20. Si hay que reducir grados de Fahrenheit á centígrado ó Reaumur, para hacer comparables los números habrá que empezar por quitar 32 del número de grados que tengamos en Fahrenheit, y despues tendremos que si 180 de este hacen 100 centígrados, 1 valdrá $100:180=5:9$; y si 180 valen 80 de Reaumur, 1 valdrá $80:180=4:9$; de modo que para reducir del Fahrenheit al centígrado se quitan 32 y el resto se multiplica por 5 y se parte por 9, y si es al Reaumur la reduccion de Fahrenheit, se quitan los 32 y el resto se multiplica por 4 y se parte por 9: por ejemplo; 68° Fahrenheit valdrán en el centígrado $68-32=36$, y este número $(36\times 5):9=20$ da su equivalente en el centígrado. Si son 77° de Fahrenheit á Reaumur, es $77-32=45$ y $(45\times 4):9=20$ Reaumur. Suelen ponerse 2 escalas en cada termómetro, por ejemplo, á un lado la centígrada y á otro la de Reaumur, y así no hay reducciones que hacer entre las dos, pues basta leer los grados en la escala en que se quieren. La *figura* 199 es un termómetro completo. Las escalas se graban en una plancha de metal, vidrio, porcelana madera, ó sobre la misma varilla del termómetro, segun el uso á que se destine, y el esmero con que se construye; estas escalas se deben grabar con una máquina de dividir (12) si es posible, ó de lo contrario haciendo las divisiones con un compás. Serán preferibles las planchas de cristal ó porcelana, porque se dilatan y contraen menos con el calor. Si el tubo tiene mucho mercurio quedará alto el 0 y se podrán marcar muchos grados bajo de él; y si tiene poco quedará bajo, y la escala sobre él tendrá mas estension; por esto se arregla la cantidad de mercurio segun el uso á que se destine el termómetro (345).

Fig. 199.



347. Division en partes de igual capacidad. Es difícil obtener un tubo para termómetro que tenga un diámetro exactamente igual en toda su estension, pues por el método con que se construyen resultan cónicos mas bien que cilíndricos, y se concibe facilmente que si el tubo es de mayor diámetro en un estremo que en otro, las indicaciones no serán exactas, pues donde el tubo sea mas ancho contendrá mas en longitud igual, y necesitará mayor aumento de temperatura para marcar 1 grado. Se puede correjir este defecto dividiendo en partes de igual capacidad y no de igual longitud, y para esto, al escojer el tubo para hacer el termómetro, introduciremos como se dijo (345) un poco de mercurio, y marcaremos en un papel las longitudes de este mercurio dentro de él, teniendo cuidado que entre ellas no quede intérvalo ninguno; el papel se quita hasta que estén hallados los dos puntos fijos de la escala, y entonces se adapta de nuevo como estaba al principio, para lo cual se habrá hecho alguna señal, y cada division de estas se subdividirá en las partes iguales que la correspondan. Si, por ejemplo hay entre el cero y el agua hirviendo 25 divisiones de las del papel, se divide cada una en 4 partes iguales, que serán grados mas exactos que si toda la estension estuviera dividida en las 100 partes iguales. Es evidente que cuanto mas pequeño

sea el índice de mercurio que pongamos para dividir en partes de igual capacidad, mas nos aproximaremos á la exactitud.

348. Influencia del tamaño del recipiente. Si el recipiente es grande y el tubo muy delgado hará las indicaciones mas lentas, puesto que siendo mayor la cantidad de mercurio tardará mas tiempo en variar de temperatura; pero su dilatacion ocupará mayor espacio y se podrán apreciar fracciones de grado por ser mas larga la estension que marca en el tubo cada uno de ellos. Si por el contrario el recipiente es pequeño las indicaciones serán mas prontas, pero habrá menos facilidad para dividir en fracciones de grado por su pequeña estension. Al construir el termómetro daremos al recipiente el tamaño apropiado al uso que se le destine.

349. Termómetros de alcohol. Si el líquido que se emplea para construir el termómetro es alcohol, debe colorearse con un poco de cochinilla ú otra tintura semejante, para que se distingan bien las indicaciones. El cero se encontrará como en los termómetros de mercurio, pero el punto superior debe marcarse por comparacion con otro termómetro tambien de mercurio, pues siendo la temperatura de ebullicion del alcohol 78 grados, forma vapores á 100 grados que pueden romper el tubo, y además las indicaciones desde 70° en adelante son muy variables; por esto un termómetro de alcohol y otro de mercurio que coinciden en cero y 100 grados tienen mucha diferencia en los puntos intermedios.

350. Errores en la medicion de temperaturas. Hemos descrito con bastante minuciosidad las operaciones para la construccion de un termómetro, y sin embargo hay varias causas de error que no es posible corregir, ó que se corrijen imperfectamente. La dilatacion del vidrio es una de ellas, que segun se cree es la causa tambien de que dos termómetros construidos con igual cuidado, y que coincidan en la temperatura de cero y de 100 grados, no coincidan en las temperaturas intermedias, siendo á veces muy notable la diferencia. Tambien el cero cambia de lugar, elevándose con el tiempo el punto donde marca el termómetro la temperatura del hielo. Se habia creido que á los dos ó tres años de construido el aparato quedaba el cero invariable, pero las observaciones hechas por Despretz han probado que varía siempre. Sucede además que si un termómetro marca un punto para el hielo, poniéndole á una temperatura elevada y volviéndole despues al hielo, no marca el mismo punto. Se han dado varias esplicaciones de este fenómeno, atribuyéndole generalmente á las dilataciones y contracciones lentas del vidrio; pero ninguna es completamente satisfactoria. La escala se dilata con el calor, y es otra causa de error que podrá corregirse con bastante exactitud, como veremos mas adelante; pero deben hacerse estas escalas en cuerpos poco dilatables (346), para poder despreciar esta variacion, sobre todo en temperaturas que no exijan una precision matemática. Vemos por lo dicho que la apreciacion exacta de una temperatura está sujeta á muchos errores, además del que produce la dilatacion irregular de los cuerpos. Vamos á presentar como prueba el resultado de algunas observaciones que nos podrán demostrar mas la verdad de lo dicho. Un termómetro en el que el cuerpo que se dilataba era el aire, comparado con otro de mercurio, han dado las indicaciones siguientes para iguales temperaturas.

MERCURIO.	AIRE.	MERCURIO.	AIRE.
100	100	250	245,05
150	148,70	300	297,70
200	197,05	360	350

Medida una misma temperatura por las dilataciones de los diferentes cuerpos que se espresan, ha dado:

Aire	300	Platino	311,6
Vidrio	352,9	Mercurio, corregida la dilatacion del vidrio.	314,15
Hierro	372,6	Idem sin corregir	307,8
Cobre	329		

Presentamos á continuacion el resultado de nuestras propias observaciones: dos termómetros que hemos construido con el mayor esmero, uno de mercurio y otro de alcohol, graduados en hielo y vapor de agua, los hemos comparado con dos franceses y dos ingleses construidos hace algunos años por los mejores fabricantes.

NUESTROS.		FRANCESES.		INGLESES.	
Mercurio.	Alcohol.	Mercurio.	Alcohol.	Mercurio.	Alcohol.
0	0	0,1	0,4	0,4	0,3
5	4,6	5,1	5,2	5,4	5,3
10	9,4	10,1	10,1	10,3	10,1
15	14,1	15,2	14,9	15,4	14,9
20	18,8	20,2	19,8	20,5	19,7
25	23,2	25,1	24,8	25,5	24,6
30	27,9	30,2	29,6	30,4	29,6
35	32,7	35,3	34,5	35,5	34,4
100	100				

La diferencia entre los de mercurio y alcohol es menor en los estrangeros que en los nuestros, sin duda porque aquellos de alcohol han sido graduados por comparacion.

351. Termómetros de máxima y mínima. Muchas veces ocurre tener que tomar la temperatura mayor ó menor de un cuerpo, y no es posible observar el termómetro colocado dentro de él, ó se necesita conocer la mayor ó menor temperatura de un espacio durante la ausencia del observador; en estos casos es necesario que en el termómetro queden marcados estos límites. Hay varios aparatos que se emplean con este objeto, y se llaman termómetros de *máxima y mínima*. El

mas sencillo consiste en dos termómetros (*fig.* 200) *A* y *B*, cuyas varillas están dobladas en ángulo recto cerca del recipiente; se colocan horizontalmente, y los dos pueden estar unidos en una misma plancha, ó separados. Uno de ellos *A*, des-

Fig. 200.

tinado á marcar la temperatura máxima, es de mercurio, y al construirle se tiene cuidado de colocar dentro del tubo un pequeño cilindro de acero *C*, de un diámetro un poco menor que el del tubo para que se mueva con facilidad: colocado este tubo horizontal, el mercurio al dilatarse hará marchar hácia delante el cilindro de acero, y si la temperatura baja, el mercurio se contrae; pero como no hay atraccion molecular entre el mercurio y el acero, se quedará el cilindro *C* marcando el punto mas avanzado á que llegó el mercurio, ó sea la temperatura máxima; poniendo despues el tubo vertical volverá el índice de acero sobre el mercurio, y estará dispuesto el aparato á una nueva observacion. El termómetro *B*, destinado á marcar la mínima temperatura, es de alcohol, y lleva como el otro un índice ó pequeño cilindro *H* de esmalte, que está dentro del líquido; puesto el termómetro con el tubo horizontal, si la temperatura disminuye el índice es arrastrado hácia el recipiente por la atraccion entre las moléculas del líquido y del esmalte; pero si luego crece la temperatura, el líquido se dilata y no lleva consigo al cilindro, porque estando todo bañado, su peso le retiene fijo; por consiguiente se queda marcando el punto menos avanzado á que llegó el alcohol, ó la menor temperatura; poniendo despues el tubo vertical caerá el índice por su peso hasta el borde del líquido, y quedará el aparato dispuesto á otra observacion. Si los dos termómetros se colocan en una misma plancha, es necesario que estén en posicion inversa, como indica la figura, para que al poner verticales los tubos se armen los dos para nuevas observaciones; el que indica la figura, colocado de modo que la parte de la derecha esté hácia arriba, el índice *C* caerá sobre el mercurio y el *H* á la superficie del alcohol. Otro termómetro de máxima y mínima (*fig.* 201) se compone de un tubo encorvado que termina en dos recipientes, el uno *C* no muy grande, y el otro *B* vuelto y colocado entre los dos brazos del tubo: este recipiente y una parte del tubo *A* contienen alcohol; despues hay mercurio en los dos brazos, y finalmente hay alcohol tambien en el otro brazo, pero en cantidad que no llene completamente el recipiente *C*; si aumenta la temperatura, el alcohol de *B* se dilata y hace bajar el mercurio de *A*, que sube en el otro lado y eleva un pequeño índice *S*, que despues no cae porque tiene un pequeño muelle que le hace adaptar al tubo; si disminuye la temperatura se contrae el alcohol de *B* y el mercurio sube en la parte *A* del tubo, haciendo que eleve otro índice *H* como el anterior, de modo que este último nos marca la mínima temperatura y el *S* la máxima. El medio mas sencillo de graduar este termómetro es por comparacion con otro de los ordinarios. Los índices se vuelven á su sitio con un iman. Un termómetro de máxima construido recientemente es el de la *figura* 202. Este aparato es un termómetro de mercurio que tiene en su interior un pequeño índice de cristal *A* en el mismo punto en que se encuentra

Fig. 201.



un poco doblado, y este índice sirve para estrechar la seccion del tubo, de modo que cuando se calienta el mercurio, la fuerza de dilatacion le hace pasar por la parte estrecha, pero enfriado despues se corta la columna y no pasa, quedando el mercurio que salió al dilatarse marcando la máxima temperatura; si luego el tubo se pone vertical, pasa el mercurio por su peso y queda armado para otra observacion: en este termómetro hay algunas causas de error, pero puede usarse para esperimentos menos exactos. Si es necesario conocer la temperatura en el interior de un sitio donde no se pueda penetrar, como en el fondo de un rio, del mar ú otro punto semejante, se hace uso de otro aparato debido á Walferdin (*fig.* **203**), que consiste en un termómetro ordinario, pero cuyo estremo abierto y terminado en punta *C*, penetra en un recipiente perfectamente cerrado *A*. Supongamos el tubo lleno, y un esceso de mercurio en el recipiente; invertido el termómetro, este mercurio en esceso cubrirá la punta *C* del tubo y enfriando en esta posicion el aparato, penetrará una parte dentro del mismo tubo, permaneciendo lleno á aquella temperatura. Introduzcámosle vertical en el punto cuya temperatura se desea medir, y si esta es mayor que la que tenia fuera, una porcion del mercurio dilatado se saldrá al recipiente; sacándole despues, si la temperatura esterior es menor, contraerá el mercurio, y parte del tubo quedará vacío. Para conocer ahora la temperatura que se desea, no habrá mas que ponerle con otro termómetro ordinario en agua caliente ó en otro medio cualquiera, y cuando el mercurio llene de nuevo el tubo, la temperatura que marque el termómetro de comparacion será la que deseábamos conocer. De lo dicho se deduce que el aparato antes de la observacion debe estar dispuesto de modo que esté lleno y á una temperatura mas baja que la que se trata de observar, y además que mientras se compara con el otro termómetro no ha de ponerse á una temperatura tan alta que haga salir el mercurio del tubo, pues si esto sucede la observacion no ha servido de nada. Este aparato debe colocarse en un tubo de ma or diámetro y de paredes resistentes, para que la presion que pueda sufrir esteriormente no contraiga el vidrio del termómetro, y salga por esta causa mercurio al recipiente.

Fig. 202.

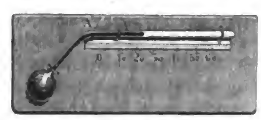
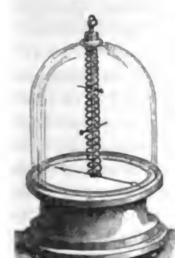


Fig. 203.



Fig. 204.



352. Termómetro metálico. Breguet ha construido un termómetro metálico muy sensible, fundado en la diferente dilatacion de los metales (*fig.* **204**). Se forma con tres bandas delgadas de plata, oro y platino, soldadas juntas y pasadas por un laminador, para formar una banda delgada con las tres; esta se dobla en espiral de modo que la plata quede en la parte interior, y se pone fija por uno de sus estremos, colocando en el otro una aguja. Si aumenta la temperatura, la plata, que es mas dilatable que el platino, hace desenvolver la espiral dando movimiento á la aguja, que marca en un disco la temperatura; si disminuye esta, se contrae mas la plata y la aguja marca otro punto;

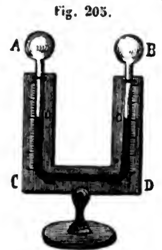
el oro, que tiene una dilatacion media, se pone para que no se rompan las bandas de los otros dos metales en sus cambios de dimension. Este termómetro se gradua por comparacion con otro ordinario.

353. Termometrógrafo. Breguet (sobrino) ha hecho una adicion al aparato anterior (352), muy ingeniosa, que consiste en hacer que deje marcada la temperatura el mismo aparato en cada hora del dia sin intervencion del observador. Para esto le ha añadido una placa movil debajo de la aguja, que tiene marcados 24 arcos divididos en grados: un movimiento de relojería hace avanzar esta placa de modo que á cada hora se encuentra debajo de la punta de la aguja un arco diferente de los 24. El mecanismo que hace mover la placa hace tambien que en el mismo tiempo dé un golpe la aguja y marque sobre el arco un punto con un pequeño tubo que lleva en su estremo y está lleno de tinta: como cada arco tiene marcados los grados, la posicion de la aguja indica la temperatura, y el arco diferente la hora del dia.

354. Existe todavía otro aparato que se emplea para medir pequeñas temperaturas por su gran sensibilidad para el calórico, y se llama *termo-multiplicador;* pero no es de este lugar, y le esplicaremos mas adelante.

355. Termómetro diferencial. Siempre que se necesite conocer una pequeña diferencia de temperatura entre dos puntos, es necesario valerse de un termómetro que pueda marcarla de una manera apreciable: para este objeto sirven los aparatos á que se da el nombre de *termómetros diferenciales* ó *termóscopos*. El termómetro diferencial llamado de Leslie (*fig.* 205) está formado de un tubo dos veces encorvado en ángulo recto, y terminado en sus estremos por dos recipientes *A* y *B* iguales. Se introduce un poco de líquido, generalmente ácido sulfúrico coloreado, en cantidad suficiente para que llene la parte horizontal del tubo y una parte de las verticales; en este estado se cierra el aparato, y colocado sobre una tabla se hace de modo que el líquido quede á la misma altura en los dos brazos verticales, para lo cual se calienta el recipiente de la parte donde está mas bajo; de este modo el aire se dilata haciendo pasar el líquido al otro recipiente, y tambien una parte del aire dilatado: al enfriarse baja el líquido, y se consigue, repitiendo la operacion algunas veces, que se quede este á igual altura, en la que se marca 0; despues se calienta uno de los recipientes para que se ponga á una temperatura mayor que el otro, por ejemplo de 5 grados; el líquido baja en este lado por dilatarse el aire y sube en el otro; donde quede fijo en este otro lado se marca 5, y se divide el intérvalo desde el 0 en 5 partes iguales, continuando la division por arriba, y subdividiendo en las partes iguales que permita la estension de cada grado. Si los recipientes fueran de una capacidad exactamente igual, serviria la misma escala para el otro brazo del tubo, pero como esto no sucederá, debe graduarse de igual manera.

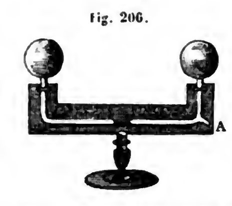
Fig. 205.



356. Termóscopo. El termóscopo de Rumford (*fig.* 206) se diferencia solo del termómetro de Leslie (355) en que tiene la parte de tubo horizontal mas larga proporcionalmente á las verticales, y estas terminan en recipientes mayores. Lleva solo un pequeño índice de líquido en la parte horizontal, que recorriendo esta

parte marca la diferencia de temperatura de los dos recipientes: se gradua como el de Leslie. Suele ponerse en uno de sus ángulos una pequeña porcion de tubo A, donde se hace pasar el líquido si no está en el centro del tubo horizontal: calentando ligeramente el recipiente del lado opuesto á donde se encuentra el tubo A y volviendo despues el líquido á la parte horizontal, cuando se enfria el aire calentado, trae á su sitio el índice líquido, cuyos estremos marcarán el 0, y por eso se procura que esté en medio. Este aparato es á veces preferible al de Leslie por tener entre las esferas mayor distancia.

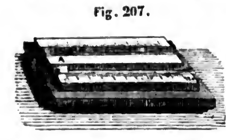
Fig. 206.



357. Termómetros de aire. Si en el recipiente de un tubo de termómetro se pone aire seco y en el tubo un pequeño índice de mercurio, se tendrá un termómetro de aire que se graduará poniéndole á dos diferentes temperaturas conocidas; pero es necesario que el tubo sea muy largo y el recipiente de pequeño volumen para que se pueda marcar una temperatura algo elevada, porque el aire se dilata mucho. Cuando conozcamos las leyes de la dilatacion de los gases por el calor, veremos que tambien podrán conocerse las temperaturas por los volúmenes que el aire va tomando.

358. Pirómetros. Para muy elevadas temperaturas no sirven los aparatos descritos hasta aquí, pues los termómetros no alcanzan sino á 350 grados lo mas, que es el punto de ebullicion del mercurio, porque desde este punto y aun antes las indicaciones serian muy inexactas; además el vidrio funde tambien con el calor. Por estas causas ha sido necesario recurrir á otros aparatos que puedan medir temperaturas muy elevadas, pero diremos desde ahora que hasta el dia no se ha encontrado uno que haga indicaciones tan exactas como sería de desear. Varios se han propuesto, pero han caido en desuso por sus malos resultados, quedando de ellos solo el llamado pirómetro de Wedgwood (*fig.* 207), algo mas aceptable que los demás. Se compone este pirómetro de una plancha de metal sobre la cual se adaptan dos barras que tienen de longitud 1 pie inglés, y están divididas en 240 partes iguales; estas barras se colocan de modo que la distancia entre ellas sea en un estremo de 6 líneas y en otro de 4. Para valuar las temperaturas con este aparato se hacen unos cilindros de arcilla bien seca, y se ponen en un horno á 100 grados, para que acaben de perder el agua que puedan contener: en este estado despues de frios debe ser de un tamaño tal, que han de entrar justos en la parte mas ancha A de las barras donde empiezan las divisiones, y está marcado 0. Si la arcilla se somete despues á una temperatura elevada se contrae, sin que todavía esté bien esplicado por qué no sigue la ley general de los cuerpos que se dilatan por el calor: enfriada despues se coloca entre las dos barras y entrará en ellas mas que antes, por haberse reducido á un tamaño menor. Se calcula que el 0 corresponde á 500° del termómetro centigrado, y desde esta temperatura á cada division ó grado del pirómetro corresponden 72, de modo que los grados marcados por la arcilla se multiplican por 72 y se añaden los 500 que corresponden al 0; por ejemplo, 40 grados del pirómetro son $40 \times 72 + 500 = 3380$ grados centígrados: pero ni estas

Fig. 207.



apreciaciones son exactas, ni todas las arcillas se contraen igualmente, por lo que es un aparato muy imperfecto. En los pirómetros construidos por los fabricantes de aparatos de física, la arcilla empleada es la blanca de Cornouailles, que mezclan con alúmina pura en partes iguales en peso. Para que no sea tan largo el aparato se corta por la mitad formándole de tres barras de medio pie, en las que la diferencia de distancias entre sus estremos es de 1 línea, y la menor distancia de la primera y segunda es la mayor de la segunda y tercera; el aparato en este caso tiene la forma que indica la figura.

359. Medios de apreciar temperaturas elevadas. Como, segun acabamos de ver, no hay un aparato que mida con exactitud elevadas temperaturas, deberá emplearse, siempre que esto sea posible, un método directo para conocer, si no la temperatura, por lo menos si se ha logrado el objeto que nos proponemos; por ejemplo, en los hornos de porcelana, introduciendo por unas aberturas practicadas en sus paredes y muy bien tapadas con barro de arcilla refractaria, unos pedazos de la pasta que se está cociendo unidas al estremo de una barra de hierro, se puede saber con bastante exactitud cuándo están en el punto conveniente de coccion las piezas de la hornada: estos pedazos suelen llamarse *espias*. Para poder formar idea de la temperatura de un horno se pueden hacer mezclas ó *aleaciones* de metales, por ejemplo, plata con décimas partes de oro, y tambien oro con centésimas de platino; poniendo en los hornos estas aleaciones se sabrá que uno tiene la temperatura conveniente, si se ha visto en otras operaciones anteriores que produce el efecto que se desea, cuándo funde una de estas aleaciones: el que funda la plata que contenga mas oro, ó el oro con mas platino, tendrá mayor temperatura.

360. Caloría. Además del grado hay otra unidad para medir el calórico, llamada *unidad de calor ó caloría*, que es la cantidad necesaria para elevar un kilógramo de agua desde cero á 1 grado del termómetro centígrado. Siguiendo en el estudio del calórico sabremos apreciar la diferencia notable que existe entre un grado del termómetro y una caloría.

361. Coeficiente de dilatacion. Hemos demostrado que los cuerpos se dilatan con el calórico (340, 341 y 342), y ahora que tenemos aparatos para medir las temperaturas, podremos tambien dar números que indiquen la cantidad que se dilatan. Se llama *coeficiente de dilatacion* de un cuerpo, el aumento que toma la unidad lineal ó cúbica para una diferencia de temperatura de cero á 1 grado.

362. Coeficiente de dilatacion de los sólidos. En los sólidos hay coeficiente de dilatacion lineal y cúbico. El lineal se encuentra de la manera ya descrita (340) (*fig.* 194): medido el aumento de longitud del cuerpo, se dividirá por el número de unidades que su longitud contenga, y así tendremos el aumento por cada unidad; dividiendo luego por el número de grados de la temperatura á que se ha sometido el cuerpo, la que obtendremos con un termómetro, estará conocido el aumento por unidad de estension y por un grado de temperatura, es decir, tendremos el coeficiente de dilatacion lineal. Supongamos colocada en la caja una barra de hierro dulce cuya longitud es 1 metro, y que calentado el baño á 40°,35 marca un aumento de 50 centésimas partes de milímetro, ó sean $0^m,00050$: para 1 grado se dilatará 0,00050 : 40,35=0,00001239. Ya

hemos visto que los cuerpos no se dilatan lo mismo á todas las temperaturas para un aumento igual, lo que quiere decir que de cero á 100 grados el coeficiente no es el mismo que de 100 á 200, y así de los demás. Ponemos á continuacion una tabla de los coeficientes de dilatacion lineal de los cuerpos sólidos mas importantes, tomando un medio entre los que han dado diferentes físicos.

Flint-glas....................	0,000008116
Vidrio......................	0,000008613
Platino.....................	0,000009241
Acero no templado............	0,000011144
Hierro fundido...............	0,000011175
Acero templado...............	0,000012074
Hierro dulce.................	0,000012393
Hierro en alambre............	0,000013375
Bismuto	0,000013916
Oro........................	0,000015087
Cobre......................	0,000018094
Laton	0,000018944
Plata......................	0,000019956
Soldadura de cobre...........	0,000020583
Estaño.....................	0,000022104
Soldadura de hojadelatero......	0,000025053
Plomo......................	0,000028575
Zinc.......................	0,000030249

La dilatacion cúbica se toma, segun hemos dicho (340), triple de la lineal, de modo que no hay mas que triplicar los coeficientes dados.

363. Coeficiente de dilatacion de los líquidos. La dilatacion de los líquidos es aparente y absoluta segun hemos dicho (341). El coeficiente de dilatacion aparente se determina con el aparato *figura* 197, habiéndolo dividido antes en partes conocidas de su capacidad total (142). Tambien se ha determinado llenando completamente el tubo y calentando despues; en este caso una porcion del líquido se sale, y por el peso del contenido antes y despues de calentar, se deduce el peso del que ha salido, y luego se calcula facilmente cuánto se ha dilatado. La siguiente tabla espresa los coeficientes de dilatacion aparente de los líquidos mas importantes.

Mercurio........................	0,00015435
Agua......	0,000466
Acido clorhídrico.................	0,000600
Acido sulfúrico..........	0,000600
Eter sulfúrico....................	0,000700
Aguarrás........................	0,000700
Aceite de oliva...................	0,000800
Acido nítrico.....................	0,001100
Alcohol..........	0,001100

364. Dilatacion absoluta del mercurio. La dilatacion absoluta del mercurio ha sido hallada por Dulong y Petit, midiendo la diferencia de altura de dos columnas de este líquido, en un tubo comunicante en que calentaban una de las ramas y enfriaban la otra; de este modo no habia que tener en cuenta la dilatacion ó contraccion del tubo, pues la forma en nada influye para la altura (193); pero dilatado en una rama del tubo el mercurio y contraido en otra, variaba de densidad y quedaba á diferentes alturas (200). Por esta diferencia calcularon la dilatacion absoluta, y encontraron que entre 0 y 100° era 1 : 5550=0,00018018 por cada grado, entre 100 y 200, 1 : 5425=0,00018433; y entre 200 y 300, 1 : 5300=0,00018868. Puede obtenerse con estos datos la dilatacion cúbica del vidrio, porque si la dilatacion aparente es la absoluta menos la del vaso en un líquido, restando estas dos dilataciones del mercurio nos dará la del vaso, y será 0,00018018—0,00015435= 0,00002583, que es la de la tabla (362) triplicada, por ser aquella dilatacion lineal y esta cúbica.

365. Coeficiente de dilatacion de los gases. El método que seguiremos para determinar el coeficiente de dilatacion de los gases, con poca diferencia es el mismo que para los líquidos (363). El aparato (*fig.* 197) se llena de gas seco, para lo cual se le llena primero de mercurio y despues se adapta su estremo á otro tubo que contenga una sustancia capaz de absorber la humedad (254); este comunica á su vez con el recipiente de gas, y vaciando el mercurio, que saldrá atravesando todos los tubos, pasa el gas seco á reemplazarle; se deja un pequeño índice del mismo mercurio, y despues se calienta el tubo en un baño. Gay-Lussac encontró que todos los gases tenian el mismo coeficiente de dilatacion, sea cualquiera la presion; pero esta ley, segun los esperimentos recientes y esmerados de Regnault, no es exacta, pues ha encontrado los siguientes números para coeficientes de dilatacion.

Aire atmosférico...................	0,0036650
Hidrógeno........................	0,0036678
Azoe.............................	0,0036682
Acido carbónico....................	0,0036896

Tambien ha encontrado que cuanto mayor es la presion á que se encuentran los gases, tanto mas diferencia existe entre los coeficientes de dilatacion; sin embargo, como estas diferencias son tan pequeñas, puede tomarse para todos el coeficiente que corresponde al aire.

366. Aplicaciones de la dilatacion. Es muy importante tener en cuenta la dilatacion de los cuerpos para evitar sus efectos en muchos casos. Supongamos que se tuviera un tubo de hierro para conducir gas, cuya longitud fuera 1000 metros. Si está espuesto á las influencias atmosféricas, como no se encontrará enteramente descubierto, supongamos que solo varía 10 grados su temperatura: veamos qué cantidad se dilatará para este cambio. La tabla (362) da para la fundicion por cada unidad 0,000011175, de modo que para los 1000 metros será 0,000011175×1000=0,011175; pero esto es por cada grado, luego para los 10 que suponemos será 0,011175×10=0^{m},11175, de modo que para encontrar la dilatacion de todo el cuerpo, hemos multiplicado su estension lineal por el coefi-

ciente de dilatacion y por la temperatura: si el tubo propuesto no tuviera algun medio de compensar esta dilatacion, se romperia por la parte mas debil. Un alambre de telégrafo eléctrico romperá los soportes y derribará las perchas que le sostienen: los tubos de conduccion de vapor así como otros ejemplos que tendremos ocasion de ver, nos probarán la importancia de remediar los efectos de la dilatacion.

367. Péndulos compensadores. Hemos visto al tratar del péndulo (144) cómo influia su longitud, pues variando esta varia tambien el tiempo de una oscilacion para la misma gravedad; pero la varilla del péndulo aumenta ó disminuye con la temperatura y por tanto el tiempo de la oscilacion, de modo que en las aplicaciones, y entre ellas en la medida del tiempo, es un grave inconveniente. Se han ideado varios medios para que, á pesar de la influencia de la temperatura, sea la longitud siempre igual, y se ha dado en este caso el nombre de *péndulos compensadores* á estos aparatos. Uno de ellos se ha formado colocando al estremo de la varilla, en lugar de otro cuerpo, un recipiente con mercurio (*fig.* 208); cuando la varilla se alarga con la temperatura hace bajar el recipiente, por ejemplo hasta *A*, pero el mercurio se dilata mas que el cuerpo de que está formada la varilla y sube en el recipiente, de modo que si está calculada la longitud de ella y la altura del mercurio con respecto á sus coeficientes de dilatacion, no se alterará la longitud del péndulo (143). El mismo efecto puede obtenerse haciendo la varilla de platino y el disco oscilante de zinc, pues tienen bastante diferencia en sus coeficientes de dilatacion (362). Otro péndulo compensador muy usado en los relojes de péndola se construye formando la varilla (*fig.* 209) con dos de hierro *A*, las cuales sostienen á las dos de cobre *C*, que á su vez soportan una varilla de hierro á cuyo estremo se encuentra el disco. Si aumenta la temperatura las varillas *A* se alargan y el efecto es el de hacer mayor la longitud del péndulo; pero al mismo tiempo las *C*, que se alargan tambien, producen el efecto de elevar la varilla central y acortar por lo tanto el péndulo que esta varilla contribuye tambien á alargar con su dilatacion. Como el cobre se dilata mas que el hierro se pueden calcular las longitudes de modo que la dilatacion de las varillas *A* y central sea la misma que la de las *C* aunque son mas cortas, y en tal caso habrá compensacion exacta. Pueden ponerse mas varillas que las cinco indicadas siguiendo el mismo sistema. Otro método de compensacion consiste en colocar en medio de la varilla una barrita atravesada *A* (*fig.* 210), formada de dos láminas bien soldadas, la superior de hierro y la inferior de cobre: á los estremos de esta barra se ponen dos esferitas *B* de cualquier metal. Si la temperatura disminuye, sube el disco; pero el cobre, como mas dilatable que el hierro, encorva la barra *A* y bajan las esferas *B* alejándose del centro de suspension, de ma-

Fig. 208.



Fig. 209.

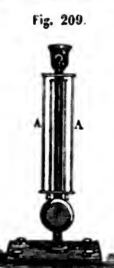
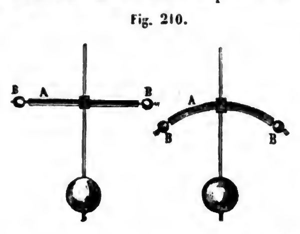


Fig. 210.

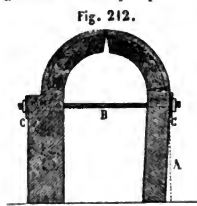


nera que si está calculado este péndulo convenientemente, las moléculas de la barra *A* y esferas *B* que se alejan del centro de suspension forman compensacion con las que se acercan por acortarse el péndulo, y por tanto el eje de oscilacion no varía, y queda la longitud igual (143). Cuando aumenta la temperatura, el cobre se dilata mas y encorva la barra hácia arriba, produciéndose la compensacion en sentido contrario. Suele ponerse entre las dos láminas de hierro y cobre otra tercera cuya dilatacion sea media entre las dos, para que no se rompan. Una compensacion semejante se hace en los volantes de los relojes de bolsillo (*fig.* 211): se colocan dos barritas *A* en arco, sujetas al volante por uno de sus estremos, formadas como la banda del termómetro de Breguet (352), con plata, oro y platino, y terminadas por una esferita *B*, de oro: si el calor aumenta el radio del volante, la plata, mas dilatable que los otros metales, y que se coloca en la parte esterior, hace encorvar los arcos *A* y acercar al centro las esferas, quedando por tanto la amplitud de la oscilacion la misma si está bien calculada la compensacion.

Fig. 211.

368. Aplicacion de la fuerza de dilatacion. Como ejemplo del grande efecto que puede producir la fuerza escesiva que desarrolla un cuerpo al dilatarse y contraerse, citaremos la aplicacion hecha por Molard en el Conservatorio de Artes de Paris. Un muro *A* (*fig.* 212), que sostenia una bóveda, se inclinó, y era preciso demoler todo para reedificarlo; pero ocurrió á Molard el colocar barras de hierro *B* que atravesaban los muros, y estaban terminadas por tornillos con fuertes tuercas, que comprimian á unas grandes planchas de hierro *C* que abrazaban una porcion del muro: calentadas las barras 1.ª, 3.ª y demás impares aumentaron su longitud, y los tuercas pudieron atornillarse mas; enfriadas despues desarrollaban una fuerza grande, y el muro era atraido: calentadas despues las otras se repetia lo mismo, de modo que en cada operacion, las barras frias sostenian el muro, y las que se calentaban le atraian al enfriarse: de este modo se logró volverle á su posicion vertical. La fuerza de dilatacion covenientemente aplicada podria en algun caso emplearse tambien para producir grandes presiones.

Fig. 212.



369. Correccion de la altura barométrica. Al tratar del barómetro dijimos que una de las causas de error en la apreciacion de la presion atmosférica era la producida por el calor, ya en el mercurio ya en la escala (231). En efecto, el mercurio se dilata con la temperatura y se hace mas lijero, por tanto es necesario reducir la columna barométrica á la altura que tendria si estuviera á cero; esto se consigue por medio del cálculo, y de él resulta que la altura buscada á cero grados se obtiene dividiendo la que nos da el barómetro, por la unidad, mas el coeficiente de dilatacion absoluta del mercurio (364), multiplicado por la temperatura al tiempo de hacer la observacion. Supongamos que el barómetro marca $0^{m}.76$ y la temperatura es 20 grados, tendremos segun lo dicho que la altura cor-

regida será 0,76 : (1+0,00018018×20)=0m,75727. La escala tambien se dilata con la temperatura, y por tanto sus divisiones son mayores, ocupando la columna menos de estas divisiones. Aunque es pequeño el error puede tambien correjirse, y para ello nos da el cálculo que la altura verdadera, corrigiendo al mismo tiempo la temperatura y la dilatacion de la escala, se encuentra multiplicando el coeficiente de dilatacion del cuerpo de que está formada la escala, por la temperatura; á este producto se le añade una unidad, y se multiplica por la altura que da el barómetro, y este nuevo producto se divide por el coeficiente de dilatacion absoluta del mercurio multiplicado por la temperatura y aumentado en una unidad. En el ejemplo antes propuesto, si suponemos que la escala es de laton, cuyo coeficiente (362) es 0,000018944, será la altura 0m,76 que hemos supuesto, despues de correjida, ((0,000018944×20+1)×0,76):(0,00018018×20+1)=0m,75755. Esta altura solo se diferencia de la que ha resultado sin correjir la dilatacion de la escala en 0,75755—0,75727=0m,00028, que es cantidad tan pequeña que puede despreciarse en la mayor parte de los casos, haciendo solo la correccion del mercurio.

370. Medicion de alturas con el barómetro. Al tratar del barómetro dijimos que uno de sus usos era medir alturas (245), y dejamos aplazada esta cuestion porque para resolverla es menester tener en cuenta la temperatura; podemos ocuparnos ahora de ella. Se han dado varias fórmulas para resolver el citado problema; pero entre ellas es una sencilla la siguiente, bastante exacta cuando se trata de cantidades hasta de 1000 metros poco mas ó menos. Empezaremos por determinar la altura barométrica y la temperatura en el punto mas bajo, y despues la altura y temperatura en el mas alto: con estos datos haremos el cálculo siguiente. Se suman las dos temperaturas observadas; á esta suma se añaden 500, y despues se multiplica por la diferencia de las alturas que haya dado el barómetro, y el resultado se multiplica por 32; se divide el producto por la suma de las alturas, y da en metros la altura buscada. Si esta pasa de 1000 metros, no hay bastante exactitud en el cálculo que hemos dicho, y hay que recurrir á fórmulas que no ponemos por ser mas complicadas y exigir algunos conocimientos en matemáticas. Para ejemplo del cálculo que hemos indicado, supongamos que la altura barométrica sea en un punto 0m,74, y la temperatura dada por el termómetro 20°; en otro punto mas alto supongamos la altura barométrica 0m,72 y la temperatura 18°: segun lo que hemos dicho, la suma de las dos temperaturas es 20+18=38, y añadiendo 500, es 38+500=538; la diferencia de alturas es 0,74—0,72=0,02, y multiplicando por ella el resultado anterior es 538×0,02=10,76; multiplicada esta cantidad por 32 es 10,76×32=344,32, y este producto dividido por la suma de las alturas 0,74+0,72=1,46 da 344,32 : 1,46=235,8; luego la altura de un punto sobre el otro es 235m,8.

371. Volumen de los cuerpos á diferentes temperaturas. Supongamos que el volumen de un cuerpo á cero grados sea 1: vamos á buscar cuál será su volumen á otra temperatura, por ejemplo á 10 grados. Para esto, si sabemos que por 1 grado se dilata una cantidad que ya conocemos, para los 10 grados se dilatará 10 veces la cantidad, luego el volumen dilatado será el que tenia á cero, mas el que resulta de la dilatacion. Sea un pedazo de oro; su coeficiente de dilatacion cúbico es el lineal 3 veces (340), y este (362) es 0,000015087, que multiplicado por 3 da 0,000045261; luego el volumen del cuerpo á 10° será

$1+0,000045261\times10=1,00045261$. Si el volumen á 10 grados fuera el conocido y quisiéramos saber cuál será á otra temperatura mas alta, haremos el mismo cálculo, pero multiplicando por la diferencia entre la temperatura alta á que se va á reducir y la que tiene el cuerpo: por ejemplo, si el volumen del oro á 10 grados es 1, á 30 grados será $1+0,000045261\times(30-10)=1,00090522$. Si el volumen no es 1 habrá que multiplicar estos números por las unidades que tenga el volumen dado: de modo que si fueran 3 pulgadas cúbicas de oro, tendríamos en el último ejemplo $3(1+0,000045261\times(30-10))=3^{pul},00271566$. Si en los sólidos se trata de la dilatacion lineal se calculará lo mismo, tomando el coeficiente que corresponde á esta dilatacion: ya hemos dado un ejemplo (366). Cuando se quiere hallar el volumen correspondiente á otra temperatura mas baja, de 10 grados, á 4 por ejemplo, tendremos que un volumen 1 se convierte en 1 mas el coeficiente de dilatacion multiplicado por 10—4, luego será necesario ver cuántas veces esta última cantidad está contenida en la primera 1, para saber á qué volumen se reducirá; por tanto, si 1 volumen de agua baja de 10 á 4° se convierte en $1:(1+0,000466\times(10-4))=0,997$. Si este volumen fuera de 30 pies cúbicos en lugar de ser la unidad, tendríamos que se convertiria en 30 veces la cantidad en que se convierte 1; y sería $30:(1+0,000466\times(10-4))=29,91$. De todo lo dicho se deduce, que para reducir el volumen de un cuerpo al correspondiente á otra temperatura mayor, *se multiplica el volumen dado por la unidad mas el coeficiente de dilatacion multiplicado por la diferencia de temperaturas;* y si hay que reducir al volumen correspondiente á otra temperatura menor, *se divide el volumen dado por la cantidad que en el caso anterior ha multiplicado.*

372. Peso de volúmenes iguales á diferentes temperaturas. Ocurre con frecuencia tener que conocer cuál será el peso de un volumen dado á una temperatura distinta de aquella á que es conocido; por ejemplo 1 metro cúbico de aire á cero grados (225) pesa $1^k,3$, y queremos saber cuánto pesará el mismo volumen á 40 grados. Sabemos (371) que 1 metro cúbico de aire de cero á 40° se convertirá en $1+0,003665\times40$: pero este volumen á 40° pesa lo mismo que 1 metro á cero, luego podremos formar una proporcion diciendo: si $1+0,003665\times40$ pesa $1^k,3$, ¿cuánto pesará 1 metro? y buscando el cuarto término encontraremos $1+0,003665\times40:1,3::1:x=1,3:(1+0,003665\times40)=0^k,887$. Cuando hay que saber el peso á una temperatura menor, resultará la division convertida en multiplicacion; por ejemplo, 1 metro cúbico de aire á 40° pesa $0^k,887$, y queremos saber cuánto pesará á 10°: tenemos (371) que el volumen á 10 grados es $1:(1+0,003665\times(40-10))$, y si este volumen pesa $0^k,887$, 1 metro pesará $1:(1+0,003665\times(40-10)):0,887::1:x=0,887:(1:(1+0,003665\times(40-10))= =0,887\times(1+0,003665\times(40-10))=0^k,985$. Luego sabiendo el peso de un volumen á una temperatura, sabremos el peso del mismo volumen á otra temperatura mayor, *dividiendo el peso conocido por la unidad mas el coeficiente de dilatacion del cuerpo, multiplicado por la diferencia de temperaturas;* y si se quiere el peso á una temperatura menor, *se multiplica el volumen dado por la cantidad que en el caso anterior ha dividido.*

373. Correcciones para el peso específico. Al determinar el peso especifico de los cuerpos dijimos que era necesario hacer varias correcciones, y ahora nos encontramos en el caso de ver el modo de hacerlas. Para el peso espe-

cífico de sólidos y líquidos debe estar el cuerpo á cero y el agua á 4 grados (171, 177), y por lo tanto será necesario reducir los pesos del cuerpo y del agua á los que serian si los mismos volúmenes se encontraran á las temperaturas de cero y 4 grados: tratemos de averiguar por el método del frasco (173) el peso específico del éter sulfúrico, y supongamos que se hace el esperimento á 10 grados; será necesario reducir los pesos á los que serian estando el éter á cero y el agua á 4°: pesemos el frasco lleno de éter, y despues de restar el peso del frasco solo, supongamos 3g,5; el peso á cero (372) será $3,5(1+0,0007\times 10)=3,5245$; lleno despues el frasco de agua destilada, supongamos que esta pesa 4g,75; su peso á 4° será $4,75(1+0,000466\times(10-4))=4,76328$; dividiendo estos dos pesos de volúmenes iguales, será el específico del éter $3,5245:4,76328=0,739$. Otra correccion sería para los líquidos empleando este método del frasco la del error que resulta por el aumento de volumen que toma el mismo frasco con la temperatura á que se hace el esperimento; nos encontramos en el caso de poder hacer esta correccion, reducida á buscar cuánto es el aumento y disminuir el de los líquidos antes de averiguar su peso, pero resultan cantidades tan pequeñas que suelen despreciarse. En todos los casos debiera añadirse al peso de los cuerpos y del agua lo que pierden por pesarse sumerjidos en el aire (167), correccion que tambien estamos en el caso de efectuar; pero no se hace por ser el error muy insignificante. Hay todavía en los gases una causa de error que, aun cuando podrá no presentarse, es necesario saber correjir; resulta el error de que el aire y el gas pueden presentarse á diferentes presiones al buscar el peso específico (253). Cuando ocurra este caso hay que reducir los pesos á los que serian si las presiones fuesen iguales, lo que se hará sencillamente suponiendo cierta la ley de Mariotte (246), y teniendo en cuenta que á mayor presion corresponderá mayor peso, pues en igual volumen habrá mas moléculas; por ejemplo, si 1 volumen de ácido carbónico á la presion de 0m,72 pesa 1g,2, á la de 0m,76 pesará lo que resulta de la siguiente proporcion: $0,72:0,2::0,76:x=(0,2\times 0,76):0,72=0,2111$: de donde resulta que dado el peso de un volumen de gas á una presion, se conocerá el peso del mismo volumen á otra presion distinta *multiplicando el peso dado por la presion á que se quiere reducir, y dividiendo el producto que se obtenga por la presion á que se encuentra el gas.*

CAPITULO II.

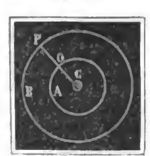
RADIACION, REFLEXION Y TRASMISION DEL CALÓRICO.

374. Radiacion del calórico. Hemos dicho que el calórico tiende al equilibrio en los cuerpos (338); por lo tanto pasa de los calientes á otros mas frios, y esto es lo que se llama la *radiacion*. Sea cualquiera el medio que debe atravesar, ó sea en el vacío, siempre radia calórico un cuerpo, y lo prueba el que

si se le rodea con otros mas frios, él se enfriará y los otros se calentarán. El calórico se rádia en línea recta, y lo prueba el que si ponemos un termómetro sensible en presencia de un cuerpo caliente le veremos subir, pero si colocamos despues entre los dos otro cuerpo, el termómetro bajará. El calórico radiado es igual en todas direcciones, lo que es facil ver colocando termómetros á la misma distancia en diferentes puntos al rededor del cuerpo.

375. Pérdida de intensidad con la distancia. Las cantidades de calórico radiado recibidas por dos superficies iguales, son inversamente proporcionales á los cuadrados de las distancias al foco calorífico; es decir, que si la distancia es doble, la cantidad de calórico será la cuarta parte. En efecto, debe ser así, pues si suponemos (*fig.* 213) el cuerpo *C* caliente como centro de dos esferas *A* y *B*, siendo el radio *CP* doble que *CO*, se demuestra en geometria que la superficie de la esfera *B* será 4 veces mayor que la de *A;* pero como una y otra reciben la misma cantidad de rayos caloríficos, que son los emitidos por el cuerpo, resulta que una porcion de la esfera *B* recibirá tambien la cuarta parte de rayos que otra porcion igual de la *A*. Puede tambien comprobarse esta ley observando las temperaturas que marca un termómetro colocado á diferentes distancias de un cuerpo caliente.

Fig. 213.



376. Influencia de la inclinacion de los rayos. Un cuerpo se calienta menos cuando recibe con mayor inclinacion los rayos caloríficos; en efecto, suponiendo los rayos paralelos (*fig.* 214), si una pantalla *A* se coloca perpendicular á estos rayos, recibe los comprendidos entre el *B* y el *C;* pero si se inclina haciéndola tomar la posicion *D* no recibirá mas que los comprendidos entre el *D* y el *C*. Si los rayos no son paralelos, y saliendo de un punto se van separando cada vez mas, todavía será mayor la diferencia.

Fig. 214.

377. Hipótesis sobre la radiacion. Segun la hipótesis admitida hoy dia, todos los cuerpos radian calórico, sea cualquiera su temperatura; de modo que si dos cuerpos están en presencia uno á 0 y otro á 100 grados, el que está á 0 radia calórico al otro y este al primero, pero el caliente radia mas que recibe y el frio recibe mas que radia, por lo que al fin la temperatura acaba por hacerse igual en los dos.

378. Ley del enfriamiento segun Newton. Newton habia creido que un cuerpo pierde en un tiempo dado una cantidad de calórico tanto mayor, cuanto mas grande es la diferencia de temperatura entre el cuerpo y el medio que le rodea; pero esta ley, segun los esperimentos de Dulong y Petit, no puede tomarse como cierta sino hasta unas temperaturas que se diferencien lo mas de 20 á 25 grados; á mayores diferencias de temperatura hay error grande en suponer exacta la ley de Newton.

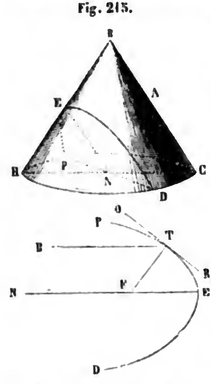
379. Modo de enfriarse los cuerpos. Cuando un cuerpo caliente está rodeado de aire ó de un liquido, se enfria por radiacion, y además por el contacto con el cuerpo que le envuelve, el cual se renueva constantemente contra la superficie del que está caliente, pues en cuanto ha tomado una pequeña can-

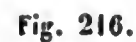
tidad de calórico se dilata, y haciéndose mas ligero se eleva en la masa gaseosa ó líquida, reemplazándose con otra porcion mas fria contra el cuerpo caliente.

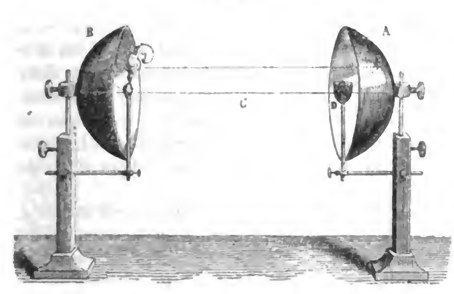
380. Reflexion del calórico. Cuando una porcion de rayos caloríficos llegan á un cuerpo, parte de ellos le penetran y otra parte son rechazados, esto es, *reflejan* en la superficie del mismo.

381. Demostracion de la reflexion del calórico. El calórico al reflejarse forma el ángulo de incidencia igual al de reflexion como los cuerpos perfectamente elásticos (105). Para que entendamos la demostracion esperimental de esta ley, es necesario una digresion en obsequio de las personas que no conocen las verdades matemáticas en que se funda. Cortando un cono *A* (*fig.* 215) con un plano paralelo á una de sus generatrices *BC*, resulta una curva *DEP* llamada *parábola*. Si ahora se corta el cono con un plano por la generatriz *BC* y la opuesta *BH*, este plano corta al de la curva en una línea *EN* que se llama eje de la parábola: en este eje existe un punto particular *F* llamado *foco*, que tiene la propiedad de que una línea *FT* que sale de él y va á parar á un punto *T* de la curva, y otra línea *TB* que sale de este punto *T* y es paralela al eje, forman con la tangente *OR* al mismo punto *T* los ángulos *RTF* y *BTO* iguales. Si hacemos girar la curva al rededor de su eje, enjendrará una superficie curva, en la cual todas las secciones con planos que pasen por el eje, serán parábolas que tendrán su foco en el mismo punto *F*, pues no serán otra cosa sino una de las posiciones que toma la curva al enjendrar la superficie; si esta superficie se construye de laton bien pulimentado, ó de otro cuerpo semejante, formará el aparato llamado espejo parabólico. Teniendo presente lo dicho, vamos á demostrar que el calórico se refleja como los cuerpos elásticos, segun hemos enunciado al principio. Supongamos (*fig.* 216) un espejo parabólico *A* y en su foco un cestillo de alambre *D* con carbones encendidos: coloquemos otro espejo *B* enfrente del primero á una distancia de 4 ó 5 metros, y de modo que los dos ejes estén en una misma línea *C*. Si en el foco de este segundo espejo se coloca un cuerpo combustible, yesca por ejemplo, le veremos arder al poco tiempo, y si le colocamos fuera del foco, no arderá. Esto prueba que los rayos caloríficos del cuerpo en ignicion, tales como el *DE*, vienen al espejo *A*, se reflejan, y formando el

Fig. 215.




Fig. 216.



ángulo de incidencia igual al de reflexion (105, *fig.* 57), salen paralelos al eje, segun la propiedad antes dicha de la curva; de este modo llegan al espejo *B* donde se reflejan de nuevo, y formando como antes los ángulos de incidencia y reflexion iguales, tienen que venir á reunirse en el foco de *B*, donde está el cuerpo combustible, produciendo bastante calor para encenderle, por ser muchos los que se reunen, y como en otro punto no hay tantos rayos reunidos, el cuerpo no puede arder. Si el calórico no marchara en línea recta (374), ó no se reflejara, ó en fin, si no lo hiciera como los cuerpos elásticos, facil es comprender que el fenómeno dejaría de producirse, y por tanto el esperimento prueba las tres verdades á la vez. En lugar de espejos parabólicos pueden emplearse esféricos, porque si bien es facil demostrar que los rayos paralelos reflejados no se reunen en un mismo punto, dando al espejo una curvatura conveniente vendrán á cortarse en puntos muy próximos unos de otros. Estos espejos, llamados *ustorios* por los antiguos, pueden reflejar los rayos solares en un foco que se encontrará á mas ó menos distancia de la curva, y en el cual se acumulará una cantidad grande de calórico. Con espejos ustorios se dice que Arquimedes quemó la flota romana de Marcelo en el sitio de Siracusa, mas de 200 años antes de Jesucristo. Bufon hizo construir á mediados del siglo pasado un espejo ustorio, compuesto de 168 espejos planos de cristal azogado, movibles para poderles dar diferentes inclinaciones, y con él quemó madera á mas de 200 pies de distancia, y fundió varios metales á 45 pies. Otros ejemplos pudieran citarse todavía de efectos producidos por estos espejos. Si en uno de los focos (*fig.* 216) se coloca hielo y en el otro un termómetro, baja éste, lo que parece probar que el hielo emite rayos de frio; pero esto se esplica segun la teoría enunciada (377), pues el hielo y el termómetro radian calórico, pero como este segundo está mas caliente, radia mayor cantidad que recibe, y por eso baja su temperatura.

382. Reflexion en el vacío. Haciendo los esperimentos de la reflexion en el vacio, se ha visto que se refleja el calórico lo mismo que en el aire.

383. Condiciones para la reflexion. Los esperimentos sobre la reflexion han hecho ver que no todos los cuerpos reflejan lo mismo el calor, y que en un mismo cuerpo hay varias circunstancias que aumentan ó disminuyen la cantidad reflejada. En condiciones iguales los metales son los cuerpos que reflejan mas; en un mismo cuerpo, el mas bruñido refleja mas en general; pero si el bruñido no es el resultado de una operacion que aproxime las moléculas de la superficie, es decir, si la masa es perfectamente homogénea, aumenta la reflexion rayando la superficie. El color influye tambien, pudiendo tomar como límite el blanco, que es el que mas refleja, y el negro, que es el que refleja menos. Segun los esperimentos de Leslie resulta la siguiente tabla de la cantidad de calórico relativa que reflejan diferentes cuerpos.

Laton	100
Plata	90
Estaño	80
Acero	70
Plomo	60
Estaño mojado con mercurio	10
Vidrio	10
Negro de humo	0

384. Reflexion irregular. El calórico no se refleja todo de una manera regular, ó segun las leyes que hemos visto, sino que una porcion se refleja perdiéndose en diferentes direcciones, y á esta se ha llamado *reflexion irregular* ó calórico *difuso*. Melloni ha visto que la difusion se verifica en superficies mates, en escabrosas, y tambien en las blancas, variando además con la naturaleza del foco calorífico.

385. Poder absorbente y emisivo. Los cuerpos reflejan mas ó menos cantidad del calórico que reciben, y el resto lo absorben; y es evidente que cuanto menor sea la cantidad de calórico reflejada, mayor será la absorbida. Leslie ha hecho esperimentos para averiguar la cantidad de calórico que absorben los cuerpos, poniendo en el foco de un espejo uno de los recipientes del termómetro (*fig.* **205**), cubierto de diferentes cuerpos; pero despues Petit y Dulong han demostrado que el poder absorbente de un cuerpo es igual al emisivo; esto es, que un cuerpo absorbe el mismo calórico en un tiempo y para una temperatura, que emite ó abandona en el mismo tiempo y para la misma diferencia de temperatura; de modo que conocida la cantidad de calórico que emite un cuerpo, se tiene la que absorbe. Para medir el poder emisivo, Leslie ha hecho tambien esperimentos, valiéndose de un vaso de forma cúbica lleno de agua caliente, y puesto frente á un espejo parabólico en cuyo foco estaba colocado uno de los recipientes del termómetro diferencial; este vaso, que se conoce con el nombre de *cubo de Leslie*, tenia sus caras laterales de diferentes metales, con las superficies mas ó menos bruñidas y pintadas de blanco, negro y otros colores; de este modo ha visto, como era facil prever, que todas las circunstancias que aumentan la cantidad de calórico reflejada, disminuyen la emitida, y por consiguiente tambien la absorbida, que es igual á esta última; así el bruñido y el color blanco disminuyen la emision. El grueso tambien influye; pero sin embargo en los metales se ha visto que el grueso entre límites bastante distantes no tiene influencia, y así lo consideramos mas adelante. La cantidad de calórico absorbida, segun Leslie, igual á la emitida es la siguiente.

Negro de humo....................	100
Agua..........................	100
Papel..........................	98
Vidrio..........................	90
Mercurio.......................	20
Plomo rayado...................	19
Acero bruñido..................	15
Estaño, oro, plata, cobre............	12

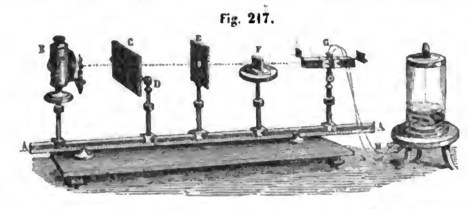
Segun Melloni, la cantidad de calórico que un cuerpo absorbe no es la misma cuando proviene de diferentes focos caloríficos; es decir, que un cuerpo sobre el que llega una cantidad de calórico, no absorberá la misma si este proviene de un cuerpo en ignicion ó de agua caliente. Tambien varía con la inclinacion de los rayos incidentes, siendo mayor la cantidad absorbida cuando estos son perpendiculares.

386. Aplicaciones. De lo dicho sobre las circunstancias que deben tener los cuerpos para reflejar, absorber ó emitir el calórico, se hacen muchas aplicaciones. Todo aparato metálico donde deben calentarse líquidos, sea en pequeñas ó

grandes cantidades, han de tener sus superficies negras y sin pulimento, pues estas son las circunstancias de mayor absorcion. Todo depósito en que sea necesario un enfriamiento rápido, deberá tener las mismas condiciones; en este caso se encuentran tambien los tubos ó conductos de aire caliente en las estufas y caloríferos. Si se desea retardar el enfriamiento, deberá ser el depósito de paredes brillantes y de color claro. Las paredes interiores de los hogares en las chimeneas de habitacion deben ser blancas y brillantes, para que reflejen la mayor cantidad de calórico posible; en algunas partes las hacen de laton bruñido, y ponen el mayor cuidado en mantenerlas perfectamente limpias. En España los azulejos blancos son muy á propósito para el objeto. Los vestidos blancos para estar al sol son mas convenientes, porque no dejan penetrar el calórico; en fin, muchos ejemplos pudieran citarse, pero es facil tener en cuenta la influencia de estas circunstancias en los casos particulares que puedan ocurrir.

387. Trasmision del calórico á través de los cuerpos. Algunos cuerpos tienen la propiedad de dar paso á los rayos caloríficos en mas ó menos cantidad, existiendo otros que no los dejan pasar, ó que solo dejan paso á una porcion muy pequeña. Melloni ha dado el nombre de cuerpos *diatermanos* á los primeros y *atermanos* á los otros. Para estudiar este fenómeno se ha valido el mismo físico de un aparato (*fig.* 217), compuesto de una regla metálica horizontal *A* dividida en partes iguales; á esta regla se adaptan por medio de tornillos, y á las distancias convenientes, varias piezas que vamos á indicar. *B* es una lámpara ú otro foco calorífico cualquiera; *C* es una pantalla con una charnela en *D* para poderla separar de pronto cuando sea necesario; *E* es otra pantalla con unos agujeros mas ó menos grandes y de diferentes formas, para dejar paso á la cantidad conveniente de rayos; *F* es el cuerpo que se trata de observar; y *G* es un aparato llamado pila termo-eléctrica, que comunica por los dos alambres *H* y *N* con otro aparato que se llama galvanómetro, y que forman los dos el que ha llamado Melloni termo-multiplicador, que es un termómetro muy sensible para medir el calórico (354), pero que no podemos dar á conocer todavía. Este ingenioso aparato con las piezas que hemos indicado variadas convenientemente, reune todas las condiciones necesarias para los esperimentos de diatermancia, pues la regla dividida nos da las diferentes distancias del cuerpo al foco; este y el cuerpo se pueden variar cuanto se quiera; las pantallas *E* dejarán pasar los rayos que se desee; y finalmente, el termo-multiplicador nos dará con una grande exactitud la cantidad de calórico que ha pasado por el cuerpo. Con este aparato ha encontrado Melloni que todos los cuerpos no dejan pasar los rayos caloríficos igualmente. Entre los sólidos, los metales son enteramente atermanos. De otros cuerpos ha dado la siguiente tabla, poniendo por foco calorífico una lámpara con tubo de cristal, y siendo los números marcados el de rayos que dejan pasar por cada 100 recibidos.

Fig. 217.



Sal gema....................	92
Espato de Islandia...............	62
Cristal de roca ahumado............ .	57
Vidrio blanco.......................	39
Sulfato de cal diáfano.............. ..	20
Alumbre diáfano.............	12
Sulfato de cobre.....................	0

Esta tabla hace ver tambien que los cuerpos que dejan pasar mas rayos caloríficos no son los que dejan pasar mas la luz. El calórico que atraviesa un cuerpo disminuye con el grueso, pero no proporcionalmente, observándose además, que si en lugar de poner una lámina de un cuerpo se ponen dos ó mas, que juntas formen el mismo grueso, la cantidad de calórico que pasa es menor que si fuera una sola. El bruñido tambien aumenta la diatermancia. Si los rayos caloríficos han atravesado ya un cuerpo, se trasmiten mejor al través de otro cuerpo; por ejemplo, si 100 rayos llegan al espato de Islandia despues de atravesar un tubo que rodee la llama de una lámpara, hemos visto que pasan 62, pero si no han atravesado cristal pasan de los 100 rayos solamente 39: se esceptúa la sal gema, que deja pasar el mismo número en los dos casos. La naturaleza del foco tiene grande influencia en la cantidad de rayos que deja pasar el mismo cuerpo; cuanto mas elevada es la temperatura del foco, tantos mas rayos pasan proporcionalmente; y si el foco está solo á 100 grados, no pasa ninguno. Tambien es escepcion la sal gema en este caso, que siempre deja pasar los mismos.

288. Trasmision á través de lós líquidos. El aparato de Melloni sirve para estudiar tambien la trasmision del calórico por los líquidos, colocando vasos que los contengan: de este modo resulta que son aplicables á ellos las mismas leyes en cuanto es posible por su diferente naturaleza. Los esperimentos han dado que de 100 rayos recibidos pasan por los cuerpos las cantidades siguientes:

Sulfuro de carbono.....	63
Aceite de olivas..................	30
Eter..........................	21
Acido sulfúrico..................	17
Alcohol.........................	15
Agua azucarada.................	12
Disolucion de alumbre...........	12
Agua destilada..................	11

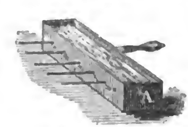
289. Trasmision á través de los gases. Los gases se suponen muy diatermanos, segun lo prueban algunos fenómenos naturales, y lo poco que un gas se calienta por la radiacion.

290. Teoría de Melloni. De sus observaciones ha deducido Melloni que los rayos caloríficos se componen de rayos de diferente naturaleza como los luminosos, y tambien en diversas proporciones; de estos rayos diferentes, unos son absorbidos por ciertos cuerpos, y otros no.

391. Aplicaciones. Varias son las aplicaciones de la diatermancia de los cuerpos. Supongamos un cuerpo alumbrado por muchos rayos luminosos; naturalmente se acumulará mucho calor en él; pero si hacemos pasar estos rayos luminosos por un cristal bien trasparente de alumbre, los dejará pasar y detendrá la mayor parte de los caloríficos (387). Si, por el contrario, se necesita que pase el calórico y no la luz, lo conseguiremos interceptando los rayos por un cristal de sal gema cubierto de negro de humo. En muchos paises los jardineros y hortelanos cubren las plantas que han de preservarse de las bajas temperaturas con campanas de cristal, que dejan pasar la luz del sol y retienen el calor de la tierra. Las estufas cubiertas de cristales producen el mismo efecto de retener el calor interior y dar paso á la luz.

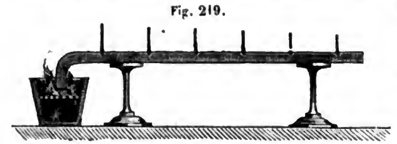
392. Conductibilidad de los cuerpos para el calórico. Si un cuerpo recibe calórico, le deja pasar con mas ó menos facilidad por el interior de su masa; calentemos una barra de metal por uno de sus estremos, y pronto tendrá en el otro una temperatura bastante elevada para no poderla tener en la mano; pero calentemos una barra igual de madera, y no esperimentaremos sensacion de calor en el otro estremo aunque esté ardiendo completamente en el calentado. Puede hacerse un esperimento que servirá, al mismo tiempo que para comprobar lo que dejamos dicho, para comparar la diferente conductibilidad de los cuerpos, aunque no de una manera exacta: para ello se emplea el aparato llamado caja de Ingenhousz (*fig.* 218), que se compone de una caja metálica *A* rectangular que lleva en una de sus paredes diferentes barras de varios cuerpos que penetran en el interior de ella, estas barras se cubren de una capa de cera, y se echa agua caliente en el interior á mas temperatura que 63°, punto de fusion de la cera. El cuerpo mejor conductor deja pasar el calórico á mas distancia, y la cera se funde en una porcion mayor de la barra. Los cuerpos que dejan pasar bien el calórico se llaman *buenos conductores*, y los que no le dejan pasar, se llaman *malos conductores del calórico:* la trasmision en este caso se supone producida por la radiacion de una molécula sobre otra en el interior del cuerpo.

Fig. 218.



Despretz ha hecho esperimentos para determinar la conductibilidad relativa de los cuerpos (*figura* 219), valiéndose de unas barras de los que debia examinar, en las cuales formó á distancias iguales unas cavidades donde colocó termómetros y un poco de mercurio para que este pusiera en contacto el recipiente termométrico con el cuerpo; preparadas de esta manera y despues calentadas las barras por uno de sus estremos, vió la temperatura marcada por diferentes termómetros: aunque este método lleva consigo algunas causas de error, se toman como exactos los resultados á falta de otros esperimentos mejores. Los números encontrados por este medio que espresan la conductibilidad relativa, son:

Fig. 219.



Oro	1000
Platino	981
Plata	973
Cobre	898,2
Hierro	374,3
Zinc	363
Estaño	303,9
Plomo	179,6
Mármol	23,6
Porcelana	12,2
Tierra refractaria	11,4
Ladrillos	11

Además muchos esperimentos prueban que los metales son muy buenos conductores; los cuerpos orgánicos son malos, y la madera deja pasar algo mas en sentido de sus fibras que al través de ellas, siendo las compactas algo mejores conductores que las flojas; la lana, algodon, paja, serrin, ceniza, y tambien el vidrio, piedra y tierras naturales ó cocidas, conducen mal el calórico.

Fig. 220.



393. Conductibilidad de los líquidos. Los líquidos son muy malos conductores del calórico, y para probarlo basta poner en el interior de un recipiente que contenga líquido un termóscopo de brazos desiguales (*fig.* 220). Si ponemos encima un foco de calor *A*, por ejemplo un vaso metálico con agua caliente, observaremos que el líquido no se calienta apenas á una pequeña distancia de su superficie, y el termóscopo hará mucha variacion, porque la esfera que se encuentra cerca del vaso *A* se calentará y á la de abajo no la llegará el calor.

394. Conductibilidad de los gases. La conductibilidad de los gases no es facil de observar, pues se dejan penetrar por los rayos caloríficos sin calentarse, y además la escesiva movilidad de sus moléculas hace que las mas calientes varien de lugar, reemplazándose con otras mas frias: sin embargo, si se dificultan los movimientos del gas se ve su mala conductibilidad; así, los cuerpos que retienen el aire en sus poros, ó entre sus filamentos ó diferentes partículas, son malos conductores.

395. Aplicaciones de la conductibilidad. La diferente conductibilidad de los cuerpos da lugar á muchas aplicaciones. Cuando se trata de conservar un cuerpo caliente el mayor tiempo posible, le rodeamos de cuerpos malos conductores, como ceniza, serrin, vidrio machacado ú otros semejantes (392); lo mismo haremos si hay que conservar el cuerpo á temperatura menor que la de la atmósfera; por ejemplo, el hielo se conserva muy bien en pozos de tierra guarnecidos de ladrillo, tabla, paja y otros cuerpos semejantes. Los mangos ó agarradores de los objetos metálicos que se han de calentar, se hacen siempre de malos conductores; por ejemplo las cafeteras, ollas de hierro y otros utensilios análogos, tienen siempre mangos de madera ó cristal; de lo contrario no podrian

agarrarse; y por la misma razon varios aparatos que describiremos, y otros descritos ya, tienen los agarraderos de madera, como el anillo *figura* 195 y la caja *figura* 218. Las alfombras, esteras y tapices con que se cubren nuestras habitaciones en invierno retienen el calor, lo mismo que los pavimentos de madera; las mantas, colchas y almohadones de pluma ó lana, y las telas y trajes tambien de lana, producen el efecto de retener el calor de nuestro cuerpo. La mala conductibilidad de los líquidos se debe tener en cuenta, sobre todo cuando se trata de calentarlos; ya hemos visto (*fig.* 220) el poco efecto que produciria un hogar colocado sobre un líquido, pero si le ponemos debajo produce un resultado enteramente distinto, porque la capa de líquido inmediata al hogar, calentada se dilata y hace mas lijera, subiendo á la superficie y reemplazándose por otra capa que á su vez se calienta y sube, de modo que hay un contínuo movimiento de líquido que asciende por el centro que es la parte mas caliente en general, y otra porcion que desciende inmediata á las paredes, pues si estas se encuentran al aire, será la parte mas fria; sin embargo, puede tambien producirse el descenso por el centro y el ascenso por las paredes si estas se encuentran calentadas tambien. Se hace visible el movimiento del líquido mezclándole con un cuerpo en polvo que tenga una densidad poco diferente de la suya, y calentando la mezcla en un vaso de cristal. Es de la mayor importancia en la industria tener presente lo que acabamos de decir, para colocar siempre los hogares debajo de los líquidos que se hayan de calentar, pues de lo contrario se sacaria muy poco partido del combustible empleado. Un cuerpo caliente se enfria pronto colocado dentro de un líquido, y sobre todo si es dentro del agua, y esto consiste en lo que diremos despues al tratar de la capacidad calorífica de los líquidos, y á la renovacion de capas frias en contacto del cuerpo caliente; así, para conservar su calor á un cuerpo no debemos ponerle en un liquido, atendiendo á la mala conductibilidad de este. Los gases tambien toman calor por el contacto con los cuerpos calientes, y se renuevan las capas con mas rapidez que en los líquidos por la mayor movilidad de sus moléculas; así, para enfriar un cuerpo le pondremos al aire libre, y para que no se enfrie, en aire que no pueda renovarse. En los paises frios se usan dobles vidrieras que retienen una capa de aire formando una masa de cuerpo mal conductor, y que no impide la entrada á los rayos solares. La conductibilidad es causa tambien de que algunos cuerpos nos parezcan mas frios que otros, á pesar de tener igual temperatura, si nos ponemos en contacto con ellos: si tocamos con la mano un cuerpo buen conductor nos quita mas calórico que si fuera malo, y por esta causa, la sensacion que esperimentamos es tambien muy poco exacta para juzgar de su temperatura (343).

CAPITULO III.

CALÓRICO ESPECÍFICO: CALÓRICO LATENTE: CAMBIOS DE ESTADO DE LOS CUERPOS.

396. Calórico específico. Todos los cuerpos, en peso igual, cuando pasan de una temperatura á otra superior no absorben la misma cantidad de calórico; es decir, que la cantidad de este que á un cuerpo le hace subir desde la temperatura de 20 á 30° hará subir á otro desde 20 á mas ó menos de 30°. Para probar que esto es cierto, se cita el esperimento siguiente. Mezclemos 1 kilógramo de mercurio á 100 grados con otro tambien de mercurio á 0 grados; como es natural resultarán 2 kilógramos á 50 grados: pero hagamos la mezcla del kilógramo de mercurio á 100° con otro de agua á 0, y encontraremos 2 kilógramos de líquido á 3°. Es evidente segun esto, que el calórico perdido por el mercurio, que es el necesario para elevar su temperatura desde 3° que le quedan hasta 100 que tenia, es decir, 97°, es el que necesita un peso igual de agua para subir solamente 3 grados; de modo que el agua necesita $97:3=32^1/_3$ veces mas calórico que el mercurio para que su temperatura suba los mismos grados que este. *A la cantidad de calórico diferente que necesitan los cuerpos en peso igual para aumentar de 0 á 1 grado su temperatura*, se llama su *calórico específico*.

397. Capacidad calorífica. Se llama *capacidad calorífica* de un cuerpo á *la mayor ó menor cantidad de calórico específico que le corresponde*.

398. Variacion de capacidad calorífica con la temperatura. Segun los esperimentos hechos, ha resultado que el calórico específico de los cuerpos no es el mismo á todas las temperaturas, sino que crece con ellas; es decir, que una cantidad de calórico que eleva un cuerpo de 100 á 150 grados, no elevaria el mismo cuerpo de 200 á 250, sino á menos de este número. Como ejemplo pondremos los números obtenidos por Petit y Dulong para el hierro, empleando siempre el mismo método.

De 0 á 100° la capacidad media fue.........	0,1098
De 0 á 200............................	0,1150
De 0 á 300............................	0,1210
De 0 á 400............................	0,1255

399. Unidad para el calórico específico. Para medir el calórico específico de los cuerpos se toma por unidad el *de un peso igual de agua*.

400. Métodos para medir el calórico específico. Para medir el calórico específico de los cuerpos se pueden seguir tres métodos, que se llaman *de las mezclas, del calorímetro ó fusion del hielo*, y *del enfriamiento*.

401. Método de las mezclas. Supongamos un cuerpo sólido calentado por cualquier medio á una temperatura conocida; sea á 100, colocándole en vapor de agua; tomemos una cantidad de agua á una temperatura conocida, por

ejemplo 3 kilógramos á 10°; introduciendo el sólido en el agua resultará una temperatura que supondremos de 20°: segun esto, el agua que estaba á 10° ha subido á 25, luego ha ganado 15; y midiendo el calórico en unidades (360), tendremos que si 1 kilógramo de agua necesita una unidad de calórico para subir 1 grado, los 3 kilógramos necesitarán 3 unidades, y para subir 15° necesitarán 3×15: el cuerpo que estaba á 100 grados y ha bajado á 25 ha perdido 75; luego si 1 kilógramo del cuerpo para subir 1 grado necesita una cantidad de calórico que no conocemos, y que designaremos con x, los 2 kilógramos que hemos supuesto necesitarán 2 veces x, ó sea $x\times2$, y para los 75° necesitarán $x\times2\times75$; y aquí tenemos la cantidad de calórico que ha perdido el cuerpo. Pero como esta ha de ser igual á la cantidad ganada por el agua, que fue 3×15 unidades, resultará que $x\times2\times75=3\times15$, y de aquí sale sencillamente que $x=(3\times15):(2\times75)=0,3$; y como x es el calórico que necesita el cuerpo para subir 1 grado, siendo 1 el que necesita el agua en cantidad de peso igual para subir tambien 1 grado, tenemos que representa el calórico específico del cuerpo, que en este caso será 0,3 del calórico específico del agua: de modo que el cuerpo tendria una capacidad calorífica representada por 3 décimas partes de la del agua. De lo dicho resulta, que para calcular la capacidad calorífica de un cuerpo por este método de las mezclas, *se multiplica el peso del agua por el número de grados de temperatura que ha ganado esta, y el producto se divide por el peso del cuerpo multiplicado por el número de grados que ha perdido el mismo*. Pero el número que obtengamos por este medio no será exacto si no hacemos una correccion: el agua al formar la mezcla estaria en un vaso que se habrá calentado tambien tomando algunas de las unidades perdidas por el cuerpo, de modo que este ha perdido las ganadas por el agua, mas las ganadas por el vaso. Supongamos que en el ejemplo antes propuesto el peso del vaso fuera de $0^k,05$, y que la capacidad calorífica del cuerpo de que estaba formado se conociera, por ejemplo si se construye de cobre, la supondremos 0,09515; el vaso al principio se encontraría á la temperatura del agua, y despues á la misma que la mezcla; luego habria ganado 15 grados tambien. Segun esto, si 1 kilógramo de cobre necesita 0,09515 de unidad para elevar su temperatura 1 grado, $0^k,05$ necesitarán $0,05\times0,09515$ para 1 grado, y para los 15 será $0,05\times0,09515\times15$, de modo que el calórico perdido por el cuerpo es $x\times2\times75=3\times15+0,05\times0,09515\times15$, es decir, igual al ganado por el agua y por el vaso, y de aquí $x=(3\times15+0,05\times0,09515\times15):(2\times75)=0,30047575$. Resulta de esto que el calórico específico es igual *al peso de agua multiplicado por el número de grados que ha subido, mas el peso del vaso por su calórico específico y por el número de grados que ha ganado, dividida esta suma por el peso del cuerpo multiplicado por el número de grados que ha perdido*. Otra correccion es necesaria todavía: durante el esperimento, el vaso pierde calórico por el contacto del aire esterior, mas frio que él; para corregir en lo posible esta causa de error, se hace un esperimento prévio con el cuerpo caliente y el agua, para saber cuánto se eleva la temperatura despues de la mezcla. Supongamos que sean los 15 grados que hemos dicho; despues al hacer de nuevo el esperimento pongamos el agua y el vaso $7^1/_2$ grados mas baja que la que tenga el aire esterior, es decir, á la temperatura de este, disminuida en la mitad de la que ha de ganar con la mezcla, y así tendremos que en el tiempo que dura la operacion, mientras sube el agua los $7^1/_2$ grados que tiene menos que el esterior toma calor, y luego subiendo hasta $7^1/_2$ grados mas, le pierde; así puede su-

ponerse una exacta compensacion. En el ejemplo propuesto, si el aire estaba 17½ grados pondríamos el agua á los 10 grados supuestos, y al subir la mezcla desde los 10 á los 17½ grados tomaría calórico, que despues perderia al subir desde esta temperatura hasta los 25° á que se eleva. Todavía en los esperimentos muy exactos se tiene en cuenta el calórico que toma el termómetro con que se mide la temperatura de la mezcla, haciendo el cálculo como para el que toma el vaso; pero esta es muy pequeña cantidad, y se puede despreciar.

402. Método del calorímetro. El método del calorímetro ó fusion del hielo es debido á la Laplace y Lavoisiere, y el aparato que emplearon lleva el nombre de *calorímetro* de estos dos físicos. Consiste en un recipiente de hoja-delata *A* (*fig.* 221), en el que entra otro *B* de metal completamente cerrado para los líquidos, ó lleno de agujeros para los sólidos; el recipiente *A* está dentro de otro mayor lleno de hielo, y los dos tienen un tubo con llave en su parte inferior. Calentado el cuerpo que se trata de observar, á una temperatura conocida, despues de haberle pesado, se coloca dentro del recipiente *B*, el cual estará tambien lleno de hielo, con el que se le cubre completamente; dejando el aparato de este modo hasta que se juzgue que el cuerpo ha tomado la temperatura de cero, habrá salido por la llave inferior *D* una porcion de agua del hielo fundido por el calor del cuerpo; el peso de esta agua servirá para comparar la capacidad calorífica de dos cuerpos, de los que uno podrá ser el agua y tomarla por unidad. Tambien se puede calcular la capacidad del cuerpo sabiendo cuántas unidades de calórico ha necesitado tomar el hielo para producir la cantidad de agua resultante; despues veremos el modo de hacer este cálculo. Para evitar que el aire esterior funda con su mayor temperatura una porcion del hielo que rodea el cuerpo, está el recipiente *A* colocado dentro del otro, y así el calor del aire funde el hielo de este recipiente, que no tiene comunicacion con el *A*, que se halla rodeado de un cuerpo á temperatura igual á la suya. En este método hay varias causas de error, siendo la principal que no se recoje toda el agua que resulta de la fusion, por quedarse entre los pedazos del hielo sobrante; además este puede tener agua al colocarle en el recipiente, y tambien puede su temperatura ser menor que cero. Para evitar en parte estos errores, se ha empleado en lugar del calorímetro un pedazo grande de hielo, en el que se ha practicado un agujero para colocar el cuerpo caliente despues de haber secado bien toda el agua que pudiera contener este agujero; recojiendo despues el agua de fusion por medio de esponjas, y apreciando la cantidad de ella por la diferencia del peso entre las esponjas secas y húmedas, se han evitado en parte los errores; pero de todos modos es método menos exacto que el de las mezclas.

Fig. 221.



403. Método del enfriamiento. El método del enfriamiento consiste en calentar cuerpos de igual superficie radiante, y dejarlos enfriar al aire libre: los tiempos empleados en bajar á una misma temperatura, se suponen proporcionales á las cantidades de calórico desprendido. En este método hay muchas causas de error; la superficie, que podrá no ser exactamente igual en estension, el brillo y

color de ella, la temperatura mas ó menos elevada y el movimiento del aire esterior influirán en el resultado.

404. Comparacion de los métodos. Para dar una idea de los diferentes resultados que se obtienen por los tres métodos, presentamos la capacidad calorífica de varios cuerpos determinada por ellos, segun varios observadores.

	MEZCLAS: REGNAULT.	CALORIMETRO: LAPLACE Y LAVOISIERE.	ENFRIAMIENTO: PETIT Y DULONG.
Agua.........	1,0000	1,0000	1,0000
Azufre........	0,2025	0,2085	0,1880
Hierro........	0,1137	0,1105	0,1100
Estaño........	0,0562	0,0475	0,0314

405. La siguiente tabla, resultado de los esperimentos recientes hechos por Regnault empleando el método de las mezclas, reune los números que ofrecen mas probabilidades de exactitud; espresan la capacidad calorífica media entre cero y 100 grados.

Agua..........................	1,00000
Maderas........................	0,550 á 0,650
Negro animal....................	0,26085
Carbon de madera................	0,24111
Mármol.........................	0,20989
Azufre..........................	0,20259
Vidrio de termómetros............	0,19768
Diamante........................	0,14687
Hierro fundido..................	0,12983
Acero...........................	0,11650
Hierro dulce....................	0,11379
Zinc............................	0,09555
Cobre...........................	0,09515
Laton...........................	0,09391
Plata...........................	0,05701
Estaño..........................	0,05623
Oro.............................	0,03244
Platino.........................	0,03243

406. Calórico específico de los líquidos. El calórico específico de los líquidos puede determinarse por cualquiera de los tres métodos, pero en este caso será preferible el de las mezclas (401) con mas razon todavía que en los sólidos. Diferentes físicos han dado los números siguientes para capacidad calorífica de los líquidos.

Agua............................	1,000
Acido nítrico....................	0,660

Alcohol..............................	0,622
Acido hidroclórico....................	0,602
Eter sulfúrico........................	0,520
Aguarrás..............................	0,426
Acido sulfúrico.......................	0,350
Aceite de oliva.......................	0,3096
Mercurio..............................	0,03332

407. Calórico específico de los gases. El calórico específico de los gases se encuentra colocando un tubo en serpentin dentro de un recipiente con agua; se hace pasar el gas caliente por este serpentin, y se determina su capacidad calorífica por el método de las mezclas, teniendo en cuenta el calórico absorbido por el vaso y el serpentin. Laroche y Berard han determinado el calórico específico de los gases á volumen y á peso igual, y han encontrado los números que espresa la tabla siguiente.

	EN IGUAL VOLUMEN.	EN IGUAL PESO.	TOMANDO EL AGUA POR UNIDAD.
Aire atmosférico. .	1,0000	1,0000	0,2669
Hidrógeno.	0,9033	12,3401	3,2936
Oxígeno.	0,9765	0,8848	0,2361
Azoe.	1,0000	1,0318	0,2754
Acido carbónico. .	1,2588	0,8280	0,2210
Oxido de carbono. .	1,0340	1,0805	0,2884
Vapor de agua. . .	1,9600	3,1360	0,8470

Siendo la capacidad calorífica del agua la unidad, se ha encontrado por los mismos físicos que la del aire es 0,2669, segun se marca en la tabla, y con esta relacion se ha buscado la capacidad calorífica de los demás gases con respecto al agua. Como el número encontrado para el aire es próximamente 0,25 ó sea $^1/_4$, siempre que nos ocurra tomar la capacidad calorífica del aire, para simplificar los cálculos la supondremos igual á la cuarta parte de la del agua.

408. Importancia de la capacidad calorífica. Es muy importante conocer la capacidad calorífica de los cuerpos, pues cuando se trata de calentar uno cualquiera, su capacidad, peso y temperatura nos darán el número de unidades de calor que debe tomar, y por tanto la cantidad de combustible necesaria.

409. Cambio de estado de los cuerpos de sólido á líquido. Hemos dicho que el calórico dilata los cuerpos sólidos hasta que llegan á una temperatura en que cambian de estado pasando á líquidos (339). Esto se verifica en todos los cuerpos, escepto en aquellos que se descomponen antes de fundirse, como sucede á la madera, lana y muchas otras sustancias orgánicas y algunas sales. La temperatura de fusion de los cuerpos es muy diferente, pues hay algunos, como el agua y el mercurio, que son líquidos á la temperatura ordinaria, otros que lo son

á mas elevadas temperaturas, y algunos otros que no han podido obtenerse líquidos, por ejemplo el carbon, que dice Despretz haber logrado solo ablandar á la temperatura mas alta que ha podido obtener. La tabla siguiente nos da la temperatura á que funden los cuerpos mas importantes.

Mercurio	—40
Hielo	0
Sebo	33
Fósforo	44
Potasio	55
Estearina	60
Cera	63
Sodio	90
Aleacion fusible de d'Arcet, 1 plomo. 1 estaño, 4 bismuto	94
Azufre	111
Estaño	228
Bismuto	264
Plomo	335
Antimonio	450
Zinc	500
Plata pura	999
Plata con $^1/_{10}$ de oro	1048
	grados del pirómetro.
Cobre	27
Oro	32
Cobalto	130
Acero	130
Hierro	130
Nikel	160
Manganeso	160

410. Calórico latente. Cuando un cuerpo llega á la temperatura en que cambia de estado, se liquida tomando una gran cantidad de calórico, pero ni el cuerpo sólido ni el líquido que de él va resultando aumentan su temperatura, sea cualquiera la intensidad del foco calorífico, mientras la fusion no sea completa; es decir, que *un cuerpo sólido para ser líquido de la misma temperatura,* necesita una cantidad de calórico mayor, y á esta cantidad se llama *calórico latente.* El termómetro no le indica, pues el hielo al liquidar y el agua al solidificarse nos marcan 0 de temperatura; pero es facil convencernos de que el agua contiene mayor cantidad de calórico por un medio igual al empleado para ver la diferente capacidad calorífica de los cuerpos (396); mezclaremos 1 kil. de agua á 79° y otro á 0, y tendremos 2 á $39^1/_2$, que es la temperatura media; pero si el kil. de agua á 79 grados le mezclamos con 1 de hielo á 0 grados, tendremos 2 kil. de agua á la temperatura tambien de 0 grados: de donde resulta que 1 kil. de hielo para ser liquido, quedando á 0, tiene que absorber una cantidad de calórico igual á la

que necesita 1 kil. de agua para elevar su temperatura 79°, ó sean 79 unidades de calor (360).

411. Determinacion del calórico latente. El calórico latente de fusion se determina por el método de las mezclas esplicado para encontrar el calórico específico (401): parece evidente que si un cuerpo toma un número de unidades de calórico para pasar de sólido á liquido, dejará las mismas cuando pasa de liquido á sólido; y por tanto, si mezclamos con agua un cuerpo fundido, tendremos, por la temperatura que resulta en la mezcla, la cantidad de calórico cedido por el cuerpo: pero es necesario tener en cuenta el calórico que ha dejado desde la temperatura á que se encuentre hasta la de solidificacion, porque si suponemos que sea plomo á 400° tiene que enfriarse hasta 335° para empezarse á solidificar y ceder el calórico latente, pues hasta este punto cede calórico específico. Puede evitarse este error teniendo el cuerpo liquido sin mezclar con el agua hasta que empieza á solidificarse, y en este caso se rompe la corteza sólida de la parte superior y se vierte en el agua la parte liquida del centro; así se logra una temperatura que será muy poco diferente de la de solidificacion, y que en teoría será igual. El calórico latente del agua se ha determinado por el método de las mezclas, y es el ejemplo que hemos propuesto (410); habiendo resultado igual á 79 unidades por kil. de hielo.

412. Aplicaciones. De lo dicho podemos deducir que si es necesario absorber calor de un cuerpo no será lo mismo ponerle en contacto de agua á 0 grados ó de hielo, pues este tomará calórico que hará latente para convertirse en agua á 0, y entonces tomará el que necesite para elevar su temperatura hasta equilibrarla con la del cuerpo: en medicina puede tener tambien aplicacion lo que acabamos de indicar.

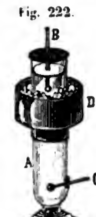
413. Cambio de sólido á líquido por disolucion. Los cuerpos pasan tambien á líquidos disolviéndose en otros líquidos por la afinidad entre las moléculas de uno á otro cuerpo: en este caso el que se liquida toma todo el calórico que necesita hacer latente, y por tanto la mezcla se enfria. Este frio es sensible si no hay mas que disolucion; pero si el cuerpo que se liquida se combina con el liquido hay, como en toda combinacion química, desprendimiento de calor, de modo que la temperatura en unos casos subirá mas que baja, en otros será lo contrario, y aun podrá suceder en algunos que suba tanto como baja. En esto se funda el que algunas mezclas produzcan muy bajas temperaturas, de lo cual se saca partido, como veremos mas adelante.

414. Cambios de líquidos á sólidos. Cuando se enfria un cuerpo liquido, disminuye el volumen hasta una temperatura en que cambia de estado pasando á sólido, y en este caso desprende una cantidad de calórico que es la misma que tomaria el cuerpo sólido para pasar á liquido. Hay algunos que no se han solidificado á las temperaturas mas bajas á que se les ha podido someter, como el eter y el alcohol. Un cuerpo que se solidifica lentamente y en reposo resulta en forma de prismas, cubos y otras mas ó menos regulares, que toman el nombre de *cristales*, que serán mas marcados si las circunstancias de la *cristalizacion* son favorables. La temperatura de solidificacion de un líquido se supone la misma que la de fusion del sólido; pero Despretz segun sus observaciones, afirma que nunca se solidifica el liquido á la misma temperatura que se liquida el sólido. En el agua se presenta este

fenómeno muy marcado: si se tiene en un estado completo de reposo, se solidifica á una temperatura mas baja que 0; si tiene en disolucion otros cuerpos, tambien resiste á la conjelacion, por ejemplo, el agua del mar no es sólida hasta —2°,5: privada de aire y en reposo, ó con una pequeña capa de aceite, puede llegar hasta —12° líquida, y Despretz asegura haber tenido el agua líquida á —20° en tubos de termómetro. En grandes masas se solidifica con dificultad, pues la que pasa á sólida trasmite su calórico latente al resto de la masa, haciéndola aumentar de temperatura.

415. Otras particularidades del agua. El agua cuando se enfria aumenta su densidad como todos los cuerpos, pero solo hasta 4°, y desde esta temperatura empieza á disminuir hasta la conjelacion, de modo que á la temperatura de 4° es su mayor densidad, y por eso se toma para unidad en los pesos específicos con esta circunstancia (171). Se ha determinado el máximo de densidad del agua por varios métodos, y tambien se han encontrado resultados diferentes; pero Despretz ha dado la temperatura de 4°, y esta es la que se toma en el dia, porque ofrece mas garantías de exactitud. Indicaremos uno de los medios que pueden emplearse para determinar esta temperatura. Supongamos (*fig.* 222) un vaso *A* con dos termómetros *B* y *C;* otro vaso de mas diámetro *D* se encuentra adaptado en el centro de *A* por la parte esterior: coloquemos agua en *A*, y en el vaso esterior *D*, hielo; el agua mas fria caerá al fondo como mas pesada hasta que llegue á ocupar esta parte inferior la de mayor densidad, y observaremos despues de algun tiempo que el termómetro de la parte superior marca 0, y que llega á conjelarse este agua por el contacto del hielo, y el agua de la parte inferior marca 4° solamente, prueba que á esta temperatura es mas densa. Presenta tambien el agua la particularidad de aumentar de volumen al solidificarse, y se ha visto que si su volumen estando á 4° es 1, el volumen del hielo á 0 será 1,075: la fuerza de dilatacion del agua al conjelarse es grande, y para probar que se dilata y que produce esta fuerza, podemos llenar enteramente un tubo de cristal y cerrarle á la lámpara; conjelando despues el agua, veremos romperse el tubo por la dilatacion y fuerza producida. Tambien citaremos como prueba de la fuerza desarrollada el esperimento de Williams: llenó enteramente de agua una bomba de artilleria tapándola fuertemente con un tapon de madera, y conjelada despues el agua arrojó el tapon á mas de 200 metros de distancia, saliendo un témpano de hielo fuera de la bomba. Es preciso tener en cuenta este fenómeno en muchos casos; por ejemplo, una cañeria que está completamente llena de agua, se romperá por muchas partes si esta agua se hiela; se evitará no teniéndola si es posible enteramente llena, ó si lo ha de estar, colocándola á bastante profundidad bajo de la tierra para que no llegue nunca á la temperatura de 0. Las tinajas y los vasos de cuello estrecho se romperán si se encuentran llenos de agua y esta se hiela. Las piedras de construccion muy porosas, ó que tienen alguna parte soluble, toman agua cuando llueve y la retienen en su interior; si esta luego se conjela, hace con su dilatacion saltar los pedazos de la piedra, que acaba por destruirse: debe por tanto desecharse la que tenga esta propiedad, y para ensayarla puede hacerse del modo siguiente. Se introduce un pedazo de la piedra en una disolucion concentrada de sulfato de sosa, dejándola algun tiempo para que se penetre:

Fig. 222.



esta sal cristaliza dentro de la piedra y produce el efecto del hielo, de modo que si resiste el ensayo, puede tomarse como buena. Las plantas espuestas á una temperatura inferior á 0 se pierden, porque la sávia se hiela y aumenta de volumen rompiendo los tejidos, lo que hace que cese la circulacion. El agua ofrece tambien la particularidad de producir un sólido de menos densidad que la mayor suya (183), pues hemos visto que si la densidad del agua á 4° es 1, la del hielo á 0 es 0,930; por eso flota siempre en el agua.

416. Volumen del hierro al pasar á sólido. El hierro y el bismuto, segun algunos autores, tienen un volumen mayor al solidificarse, pero repetidas veces hemos tenido ocasion de observar que no es cierto con respecto al hierro: presentaremos como ejemplo el resultado que hemos obtenido midiendo algunas piezas de hierro fundido y los moldes que han servido para fundirlas.

Nombre de la pieza.	Dimension medida.	Molde.	Pieza fundida.	Diferencia.	Diferencia por 100
Una polea en forma de anillo.	Diámetro.	0m,60	0,593	0,007	1,666
Pieza central de un volante.	Diámetro.	0,938	0,9275	0,0105	1,120
Circunferencia de todo el volante. . . .	Circunferencia.	15,801	15,63	0,171	1,082
Un balancin de máquina de vapor. . .	Longitud.	4,665	4,63	0,035	0,750

La contraccion, segun se ve, puede fijarse en 1 por 100, y para no tener que hacer cálculos al tomar las dimensiones de los dibujos para construir los moldes, hemos visto en algunas fundiciones tener reglas de una longitud de 101 centímetros divididas en 100 partes, y tomando en ellas partes del metro, resultan con 1 por 100 de aumento, y las piezas fundidas, despues de la contraccion, dan las dimensiones pedidas.

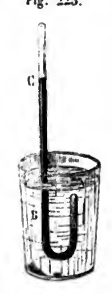
417. Cambio de estado de líquido á gas. Si un cuerpo líquido se calienta, aumenta de volumen hasta cierta temperatura, diferente para cada líquido, á la que pasa al estado gaseoso convirtiéndose en *vapor*. Hay cuerpos sólidos que dan vapores sin que se advierta que pasan á líquidos, como el alcanfor y otros, y aun el hielo. Se llama *vaporizacion* la formacion rápida de vapores en toda la masa de un líquido por el efecto de un foco calorífico, por ejemplo la formacion del vapor en una caldera para una máquina ó para calentar. Cuando la vaporizacion se hace con el objeto de separar dos cuerpos que pasan al estado de vapor á diferentes temperaturas, ó que uno es solo volatil, se llama *destilacion;* tal es la separacion del agua y alcohol. Se entiende por *evaporacion* la formacion lenta de vapores en la superficie del liquido, y generalmente á temperaturas poco elevadas; si la evaporacion tiene por objeto quitar á un sólido el líquido que le moja, toma el nombre de *desecacion*. En todos los casos hay calórico absorbido por el

cuerpo que pasa á vapor sin aumentar la temperatura; es decir, que el cuerpo en el cambio de estado hace latente una cantidad de calórico.

418. Calórico latente de los vapores. Para medir el calórico latente de un vapor, se emplea el mismo método que hemos descrito para encontrar el calórico específico de los gases (407), admitiendo que una cantidad de vapor al pasar al estado líquido deja libre la misma cantidad que necesita para pasar de líquido á vapor. La operacion estará reducida á hacer pasar el vapor formado en una retorta, por ejemplo, á un tubo en figura de serpentin, sumerjido en agua: el vapor pasará á líquido ó se *condensará* dejando el calórico latente, que se medirá por la temperatura del agua esterior, teniendo en cuenta el calórico absorbido por el recipiente del agua y por el tubo serpentin, y además la temperatura que tiene el líquido que resulta del vapor, pues si la tiene menor que la correspondiente á su condensacion, al enfriarse despues de ser líquido ha dejado calórico que es necesario descontar. Despretz ha encontrado por este medio que 1 kilógramo de agua á 100 grados, para convertirse en vapor hace latentes 540 unidades de calórico; otros físicos han dado números algo diferentes, pero este tomaremos siempre que nos sea necesario: por lo tanto, para convertirse 1 kilógramo de agua á cero grados, en vapor á 100, necesita 100 unidades (360) hasta 100°, y luego 540 para reducirse á vapor, lo que da 640 unidades ó calorías. El calórico latente del vapor de alcohol es 332 calorías por kilógramo, y el del vapor de éter 174,5.

419. Fuerza elástica de los vapores. Los cuerpos en el estado gaseoso tienden á dilatarse con una fuerza que obra sobre las paredes del vaso que los contiene, la que hemos dicho (246) que toma el nombre de *fuerza elástica del vapor* ó *tension* de este. Es facil convencerse de que existe esta fuerza ó tension en los vapores. Coloquemos en el tubo *C* (*fig.* 223), encorvado y cerrado por un estremo, una pequeña cantidad de líquido cualquiera, pero si es de líquido que se convierta en vapor á baja temperatura, el esperimento será mas facil; echemos mercurio hasta una altura *C*, pero mayor que en la parte cerrada *A*, y coloquemos el tubo en un vaso que contenga otro líquido á mayor temperatura que la de vaporizacion del que está dentro del tubo: en tal caso este líquido se convierte en vapor, y hace bajar el mercurio en *A* y subir en *B*, produciendo una fuerza que hace equilibrio á la atmósfera que pesa en *C* y á la columna *BC* de mercurio, siendo estas dos presiones la medida de la tension del vapor. Si aumentamos la temperatura esterior, el vapor se dilata y la columna *BC* se hace mayor, de modo que aumenta la fuerza elástica del vapor. Este esperimento nos hace ver que los gases tienen una fuerza elástica, que *aumenta con la temperatura*. Si los líquidos se colocan en el vacío, la produccion del vapor es instantánea á todas las temperaturas, lo que prueba que la presion atmosférica se opone á la formacion de los vapores. Para estudiar la tension de los vapores en el vacío se hace uso (*fig.* 224) de un tubo *A*, cuya longitud es 1 metro próximamente, y está cerrado por un estremo; este tubo se llena de mercurio y se introduce en otro *B* mas ancho, lleno tambien de mercurio, que le sirve de cubeta, de modo que sacando el tubo *A* de esta cubeta se formará un barómetro: hagamos pasar á la cámara de este un líquido, y veremos que el mer-

Fig. 223.



curio baja instantáneamente, lo que nos hace ver que el vapor se ha formado de pronto, y que su tension equivale á la presion de una columna de mercurio igual en altura á lo que ha disminuido la barométrica, pues la tension del vapor y la columna que ha quedado, equilibran á la atmósfera como la equilibraria la columna entera de mercurio: si suponemos que este ha bajado á 0,m45, tendremos que sobre una superficie dada produciria el vapor la misma presion que una columna de mercurio que tuviera por base la misma superficie y por altura los 0m45.

Fig. 224.



Pero todo el líquido no se evapora si se ha puesto la cantidad conveniente, y esto nos hace ver que en un espacio dado solo se forma una cantidad determinada de vapor. Saquemos algo mas el tubo A de la cubeta y veremos que el líquido va disminuyendo, prueba de que se forma mayor cantidad de vapor; sin embargo, la columna de mercurio permanecerá á la misma altura sobre la superficie del de la cubeta, de modo que la tension permanecerá invariable: si, por el contrario, vamos introduciendo el tubo A, la cantidad de líquido sobre el mercurio aumenta, por condensarse una parte del vapor, y la altura del mercurio en el tubo es tambien la misma en este caso; por consiguiente, sea cualquiera el espacio y cantidad de vapor, la tension de este es siempre igual. Si se calienta el tubo A, se hace menor la altura del mercurio; es decir, que la tension del vapor aumenta con la temperatura como hemos dicho mas arriba. Si el líquido es en menos cantidad y se convierte todo en vapor, sacando el tubo A de la cubeta la altura del mercurio aumentará, y el vapor seguirá las leyes de la dilatacion de los gases (216). Variando el líquido todos los fenómenos son los mismos, y solo es diferente la altura del mercurio, es decir, la tension del vapor de cada cuerpo; por ejemplo, la tension del de agua es menor que la del de alcohol, y esta menor que la del de eter, resultando que el vapor de este último cuerpo á 20°, próximamente tiene una tension 32 veces mayor que la del agua: pero los vapores de todos los líquidos á la temperatura de su vaporizacion hacen bajar la columna barométrica al nivel del mercurio en la cubeta, lo que indica que su tension se hace igual á la presion atmosférica; habiendo observado Dalton que la tension de los vapores de todos los líquidos, es igual á temperaturas que disten lo mismo de la de su vaporizacion, por ejemplo, la tension del vapor de agua á 120°, ó sea 20 mas que los de la temperatura á que cambia de estado, es la misma que la del vapor de eter á 57, que son tambien 20 mas que los de su vaporizacion. Cuando en un espacio hay todo el vapor que corresponde á su temperatura se dice que está ***saturado.*** Hemos dicho que los líquidos se evaporan á todas las temperaturas en el vacío; podemos convencernos de ello por los esperimentos de Gay-Lussac para el agua: en la cámara del tubo puso agua, y un recipiente esterior con una mezcla frigorífica para hacer bajar la temperatura del vapor; de este modo obtuvo los resultados siguientes:

TEMPERATURA DEL VAPOR.	DESCENSO DE LA COLUMNA BAROMETRICA EN CENTIMETROS.
Cero	4,60
—10	2,00
—20	0,84
—30	0,36

El agua, como se ve, forma vapores á muy bajas temperaturas, y segun Southern, el calórico necesario para vaporizar una cantidad de agua dada es el mismo, sea cualquiera la temperatura á que la vaporizacion se efectue; ley que admitiremos aunque todavia no está enteramente comprobada. Si un vapor formado en un vaso pasa á otro de menos temperatura, se condensa en este naturalmente hasta que queda con la tension correspondiente á la nueva temperatura; pero la tension que toma se comunica al vapor que se está formando en el vaso caliente, y de aquí resulta que este, al formarse, no tendrá mayor tension que la correspondiente al vaso.

420. Medida de la tension del vapor hasta 100°. Dalton ha dado la tension de 0 á 100 grados, y despues Regnault ha rectificado los números de Dalton, modificando tambien el aparato que habia servido á este y reduciéndole á un tubo barométrico con agua en su cámara, sumerjido en otro tubo mayor de agua que se calentaba sucesivamente, y hacia producir vapor á la contenida en la cámara; este vapor deprimia la columna barométrica, y medida la depresion, daba la tension del vapor. Tambien Regnault ha rectificado los esperimentos de Gay-Lussac para temperaturas menores que 0, y de todos ha dado la siguiente tabla de la tension de los vapores desde —30°, medida en milímetros de mercurio; números que son los que deben tomarse en las aplicaciones.

Grados centigrados.	Fuerza elástica en milimetros.	Presion sobre 1 centimetro en kilógramos.	Grados centigrados.	Fuerza elástica en milimetros.	Presion sobre 1 centimetro en kilógramos.
—30	0,386		—17	1,189	
—29	0,424		—16	1,290	
—28	0,464		—15	1,400	0,0026
—27	0,508		—14	1,518	
—26	0,555		—13	1,646	
—25	0,605		—12	1,783	
—24	0,660		—11	1,933	
—23	0,719		—10	2,093	0,0036
—22	0,783		— 9	2,267	
—21	0,853		— 8	2,455	
—20	0,927	0,0018	— 7	2,658	
—19	1,008		— 6	2,876	
—18	1,095		— 5	3,113	0,0050

Grados centigrados.	Fuerza elástica en milímetros.	Presion sobre 1 centímetro en kilógramos.	Grados centigrados.	Fuerza elástica en milímetros.	Presion sobre 1 centímetro en kilógramos.
— 4	3,368		47	79,093	0,10350
— 3	3,644		48	83,204	0,10900
— 2	3,941		49	87,499	0,11662
— 1	4,263		50	91,982	0,12056
0	4,600	0,0069	51	96,661	0,12676
1	4,940	0,0074	52	101,543	0,13325
2	5,302	0,0078	53	106,636	0,13999
3	5,688	0,0084	54	111,945	0,14710
4	6,098	0,0089	55	117,478	0,15449
5	6,534	0,0094	56	123,244	0,16220
6	6,998	0,0101	57	129,251	0,17035
7	7,492	0,0107	58	135,505	0,17866
8	8,017	0,0114	59	142,015	0,18736
9	8,574	0,0122	60	148,791	0,19653
10	9,165	0,0129	61	155,839	0,20610
11	9,792	0,0137	62	163,170	0,21586
12	10,457	0,0146	63	170,791	0,22639
13	11,162	0,0155	64	178,714	0,23758
14	11,908	0,0165	65	186,945	0,24823
15	12,699	0,0170	66	195,496	0,25986
16	13,536	0,0186	67	204,376	0,27196
17	14,421	0,0197	68	213,596	0,28454
18	15,357	0,0209	69	223,165	0,29761
19	16,346	0,0222	70	233,093	0,31121
20	17,391	0,0235	71	243,393	0,32532
21	18,493	0,0250	72	254,073	0,33996
22	19,659	0,0265	73	265,147	0,35518
23	20,888	0,0281	74	276,624	0,37094
24	22,184	0,0297	75	288,517	0,39632
25	23,550	0,0314	76	300,838	0,40428
26	24,988	0,0334	77	313,600	0,42184
27	26,505	0,0353	78	326,811	0,44004
28	28,101	0,0374	79	340,488	0,45888
29	29,782	0,0396	80	354,643	0,47834
30	31,548	0,0418	81	369,287	0,49860
31	33,406	0,0440	82	384,435	0,51950
32	35,359	0,0465	83	400,101	0,54110
33	37,411	0,0492	84	416,298	0,56345
34	39.565	0,0520	85	433,041	0,58652
35	41,827	0,0549	86	450,344	0,61036
36	44,201	0,0581	87	468,221	0,63498
37	46,691	0,0612	88	486,687	0,66040
38	49,302	0,0646	89	505,759	0,68661
39	52,039	0,0681	90	525,450	0,71364
40	54,906	0,0720	91	545,778	0,74152
41	57,910	0,0758	92	566,757	0,77026
42	61,055	0,0799	93	588,406	0,79986
43	64,346	0,0818	94	610,740	0,83035
44	67,790	0,08916	95	633,778	0,86172
45	71,391	0,09340	96	657,535	0,89402
46	75,158	0,09835	97	682,029	0,92736

Grados centigrados.	Fuerza elastica en milimetros.	Presion sobre 1 centimetro en kilometros.	Grados centigrados.	Fuerza elástica en milímetros.	Presion sobre 1 centimetro en kilometros.
98	707,280	0,96138	150	3581,230	
99	733,305	0,99448	160	4651,618	
100	760,000	1,03253	170	5961,657	
110	1075,370		180	7546,385	
120	1491,280		190	9442,698	
130	2030,280		200	11688,956	
140	2717,629				

421. Tension del vapor de agua á temperaturas mayores que 100 grados. Regnault ha medido la tension del vapor de agua para temperaturas mayores que 100 grados, fundándose en que la tension del vapor es igual á la presion que soporta el líquido que le produce, como veremos mas adelante. Introducia en el vaso donde se formaba el vapor una cantidad de aire por medio de una bomba; la temperatura era dada por un termómetro, y para la presion se valia de un manómetro en comunicacion con el vaso: por este medio ha dado los números siguientes midiendo la presion en atmósferas.

Atmósferas.	Temperatura en grados centigrados.	Presion sobre 1 centimetro en kilómetros.	Atmósferas.	Temperatura en grados centigrados.	Presion sobre 1 centimetro en kilógramos.
1	100	1,033	18	209,4	18,594
1¹/₂	112,2	1,549	19	212,1	19,627
2	121,4	2,066	20	214,7	20,660
2¹/₂	128,8	2,582	21	217,2	21,693
3	135,1	3,099	22	219,6	22,726
3¹/₂	140,6	3,615	23	221,9	23,759
4	145,4	4,132	24	224,2	24,792
4¹/₂	149,06	4,648	25	226,3	25,825
5	153,08	5,165	30	236,2	30,990
5¹/₂	156,8	5,681	35	244,85	36,155
6	160,2	6,198	40	252,55	41,320
6¹/₂	163,48	6,714	45	259,52	46,485
7	166,5	7,231	50	265,89	51,650
7¹/₂	169,37	7,747	100	311,36	103,3
8	172,1	8,264	200	363,58	206,6
9	177,1	9,297	300	397,65	309;9
10	181,6	10,330	400	423,57	413,2
11	186,03	11,363	500	444,70	516,5
12	190,0	12,396	600	462,71	619,8
13	193,7	13,429	700	478,45	723,1
14	197,19	14,462	800	492,47	826,4
15	200,48	15,495	900	505,16	929,7
16	203,60	16,528	1000	516,76	1033,0
17	206,57	17,561			

422. Vapores en el aire. Hasta ahora hemos supuesto los vapores en el vacío, pero si se forman en el aire, los resultados son los mismos; en efecto, Gay-Lussac ha colocado en la cámara barométrica. aire seco y un líquido para producir vapor, y ha encontrado que la cantidad de vapor que satura un espacio es la misma para temperaturas iguales cuando este espacio contiene un gas, ó cuando está vacío, observando además que la tension de la mezcla es la correspondiente al gas en su volumen primitivo, sumada con la del vapor. Los esperimentos mas recientes de Regnault han dado que el vapor de agua tiene á todas temperaturas una tension algo menor en el aire que en el vacío; pero es tan pequeña la diferencia, que se puede despreciar. Se ha determinado la cantidad en peso del vapor de agua que contiene 1 metro cúbico de aire saturado, y ha resultado la tabla siguiente á la presion de 0,76.

Temperatura.	Peso de vapor en gramos.	Fuerza elástica en milímetros de mercurio.	Temperatura.	Peso de vapor en gramos.	Fuerza elastica en milimetros de mercurio.
—20	1,5	1,3	25	22,5	23,1
—15	2,1	1,9	26	23,8	24,4
—10	2,9	2,6	27	25,1	25,9
— 5	4,0	3,7	28	26,4	27,4
0	5,4	5,0	29	27,9	29,0
1	5,7	5,4	30	29,4	30,6
2	6,1	5,7	31	31,0	32,4
3	6,5	6,1	32	32,6	34,3
4	6,9	6,5	33	34,3	36,2
5	7,3	6,9	34	36,2	38,3
6	7,7	7,4	35	38,1	40,4
7	8,2	7,9	36	40,2	42,7
8	8,7	8,4	37	42,2	45,0
9	9,2	8,9	38	44,4	47,6
10	9,7	9,5	39	46,7	50,1
11	10,3	10,1	40	49,2	53,0
12	10,9	10,7	45	58,6	
13	11,6	11,4	50	63,6	
14	12,2	12,1	55	88,7	
15	13,0	12,8	60	105,8	
16	13,7	13,6	65	127,2	
17	14,5	14,5	70	141,9	
18	15,3	15,4	75	173,7	
19	16,2	16,3	80	199,2	
20	17,1	17,3	85	227,2	
21	18,1	18,3	90	251,3	
22	19,1	19,4	95	273,9	
23	20,2	20,6	100	295,0	
24	21,3	21,8			

El estudio de la tension del vapor de agua es sumamente importante en el estado actual de la industria, puesto que él ha suministrado una fuerza de que tanto partido se está sacando por medio de las máquinas de vapor fijas ó movibles.

423. Vaporizacion. Si un líquido se calienta pierde el aire que tiene en disolucion, y de aquí resultan unas pequeñas burbujas que se ven atravesar el líquido: despues, aumentando la temperatura, se produce vapor en la parte mas próxima al foco calorífico; pero este, que como mas ligero se eleva atravesando la masa líquida, la encuentra mas fria y se condensa dejándola su calórico. Cuando toda la masa líquida está á la temperatura del vapor, ya no le condensa al atravesarla, y se desprende produciendo un movimiento en el líquido, en cuyo caso se dice que se encuentra este en *ebullicion* ó que *hierve*. Resulta de esto que el vapor que un líquido produce tiene la misma temperatura del líquido al producirle. En la temperatura de ebullicion de los líquidos influye la presion, los cuerpos en disolucion y la naturaleza de los vasos.

424. Influencia de la presion. Es facil reconocer la influencia de la presion en la temperatura de ebullicion de un líquido. Desde luego puede deducirse que la tension del vapor de todos los líquidos es igual á la presion de la atmósfera (419) en la temperatura de ebullicion, porque es evidente que el vapor se forma cuando su tension puede vencer la presion de la atmósfera: luego si esta presion aumenta ó disminuye, tendrá el vapor la tension conveniente para vencerla á mas ó menos temperatura. Varios esperimentos pueden probarnos tambien esta verdad. Coloquemos en un balon de cristal (*fig.* 225) agua á una temperatura de 70 á 80° que no le llene completamente; tapado bien, pongámosle invertido y echemos agua fria por la parte esterior; este agua enfria el balon y condensa una parte del vapor que hay sobre el líquido, al mismo tiempo que hace disminuir el volumen del aire interior por enfriarle; de modo que disminuye la presion y el líquido entra en ebullicion á la temperatura que tenia. El mismo fenómeno tendrá lugar si colocamos agua á la temperatura de 35 á 40° bajo de una campana en la máquina neumática; en cuanto el aire quede con una presion igual á la tension que corresponde al vapor con la temperatura que tiene el agua, empezará la ebullicion. Si en lugar de agua ponemos eter, la ebullicion se producirá á la temperatura atmosférica. Si la presion aumenta, sube la temperatura de ebullicion; por ejemplo, si en un tubo de termómetro cerrado se ha introducido alcohol, podrá calentarse á 100 grados sin que hierva, pues el vapor formado producirá una presion que aumentará la temperatura de ebullicion; por este método puede obtenerse una elevada temperatura en los líquidos: poniendo en un vaso de paredes resistentes un líquido cualquiera y cerrándole perfectamente, el vapor que se forma hará presion sobre el mismo líquido y no hervirá, puesto que la tension de su vapor irá aumentando con la temperatura. Sin embargo, hay un límite en la temperatura y presion, y llegando á él, todo el líquido se convierte en vapor, siendo este límite diferente para cada cuerpo. Se deduce facilmente de lo que llevamos dicho, que la temperatura de un líquido en ebullicion no será uniforme en toda su masa, pues en el fondo, como soporta la presion del líquido que tiene encima, se formará el vapor á una temperatura mas elevada que en la superficie.

Fig. 225.



425. Marmita de Papin. Para producir elevadas temperaturas en los líquidos hay un aparato como el que acabamos de indicar (424), conocido con el nombre de *Marmita de Papin*, que consiste en un vaso de forma cualquiera me-

tálico y de paredes resistentes; una tapa perfectamente ajustada por un medio cualquiera, cierra enteramente el vaso de modo que no pueda salir el vapor; poniendo un líquido dentro y calentándole, se tendrá este á elevadas temperaturas. Suele construirse la marmita como indica la *figura* 226. *A* es un vaso cilíndrico de cobre que se tapa con un disco *B;* dos piezas salientes *C* y *D* sostienen el arco de hierro *N*, que está sujeto á ellas con clavijas tambien de hierro; el tornillo *H* entra en este arco y hace presion sobre el disco *B*, impidiéndole separarse; además el disco lleva un reborde saliente al rededor, que entra en un caja practicada en el borde del vaso *A*, y de este modo cierra completamente, pudiendo poner para mas seguridad un anillo de piel ó de estopa. Debe acompañar al aparato, y está indicada en la figura, una válvula de seguridad para evitar esplosiones: mas adelante nos ocuparemos de estas válvulas.

Fig. 226.

426. Consecuencias de la temperatura baja de ebullicion. El agua hierve á una temperatura menor que 100 grados en todos los puntos del globo mas elevados que el nivel del mar, porque la presion será menor que 0,76, llegando en algunas altas montañas habitadas á ser bastante baja la temperatura de ebullicion para que no se cuezan las legumbres y carnes hasta el punto de poderse comer. Haciendo uso en este caso de la marmita de Papin (425), se tiene una coccion perfecta. Aun puede hacerse lo mismo con ciertas carnes duras que no se cuecen bien á la temperatura de 100 grados, y de aquí proviene tambien la costumbre de tapar las ollas donde se cuece una sustancia dura con papeles ó paños húmedos, que con las tapaderas puestas encima, si son algo pesadas, dificultan la salida del vapor y el líquido hierve á una temperatura algo superior á 100°, por lo que se produce mejor coccion.

Fig. 227.

427. Hipsómetro: medicion de alturas. Puesto que la temperatura de ebullicion de un liquido disminuye elevándose en la atmósfera (426), podremos determinar la diferencia de nivel entre dos puntos si observamos cuál es la temperatura á que hierve un líquido en ellos. Forbes y Regnault se han ocupado de esta cuestion, dando el nombre de *hipsómetro* (*fig.* 227) al aparato dispuesto para medir facilmente las temperaturas. Se compone el hipsómetro de un tubo *A* cuyo diámetro es de unos 3 centímetros y 15 á 16 de largo, en el cual entran otros varios *B*, *C*, *D* como los de un anteojo; el primer tubo *A* está cerrado en *E* y puede adaptarse á una lámpara de alcohol *H*, cuya llama entra en él; y para que no se apague hay unos agujeros *N* por donde penetra el aire, que pueden cerrarse si este es demasiado violento por algun lado: encima de la division *E* se echa agua hasta una altura de 4 á 5 centímetros, y se adaptan los demás tubos, formando entre todos una altura de 35 á 40 centímetros; dentro de ellos se coloca un termómetro *FS*, que atraviesa por un corcho en *F* que cierra la parte superior del primer tubo *D*, cuidando de que no entre en el agua el recipiente del termómetro; encendida la lámpara, el agua hierve y el vapor llena los tubos, saliéndose por unas aberturas *P* practicadas en el *D* cerca del corcho que le cierra. El termómetro se

construye tambien para el efecto con un tubo muy capilar y un recipiente grande para que se puedan marcar décimas de grado centígrado; y generalmente no necesitará tener señalada la escala mas que desde 80 á 100 grados. Pudiera hacerse de modo que hasta la temperatura menor no saliera el mercurio del recipiente al tubo, con el objeto de que el aparato fuera mas corto; pero como el 0 suele cambiar con el tiempo (350), es necesario que esté marcado en el tubo para poder comprobar si ha variado, introduciendo el aparato en el hielo fundente. Para que el 0 esté marcado en el tubo y sin embargo este sea corto, se hace encima del punto donde corresponda, que supondremos en *S*, un segundo recipiente *O*, en el que se deposita el mercurio hasta que á la temperatura de los 80° sale otra vez al tubo, y en él indica la temperatura. Dispuesto así el aparato es muy cómodo para trasportar, y marca con exactitud la temperatura del vapor, que será la del líquido en su superficie (423). Conocida esta temperatura en los dos puntos cuya diferencia de nivel se trata de averiguar, pueden buscarse las tensiones que corresponden al vapor, y la diferencia nos dará en la tabla (420) una tension ó altura de mercurio con la que podremos calcular, como si directamente fuera dada por el barómetro, la diferencia de presion (370); pero hay otro medio, resultado de la esperiencia, que consiste en multiplicar la diferencia de las temperaturas del vapor en los dos puntos por el número 294, y esta será la altura en metros si la temperatura del aire en los dos puntos era la misma al tiempo de hacer las observaciones: pero como no es facil que así suceda, se hace una correccion, que consiste en multiplicar el producto anterior por la suma de las dos temperaturas y dividir por 500, y este resultado añadirle al primer producto. Como ejemplo, supongamos que la temperatura de ebullicion en París se ha encontrado igual á 99°,5 siendo la del aire 5°, y en Madrid la de ebullicion ha sido 97,6 y la del aire 8: la diferencia de las dos temperaturas de ebullicion es $99,5-97,6=1,9$, y por 294 da $1,9\times 294=558^{m},6$, cantidad que sería la diferencia de nivel entre los dos puntos si las temperaturas del aire hubieran sido las mismas; pero como no se ha supuesto así, tendremos que corregir, y será $558,6\times(5+8)=7261,8$, que dividido por 500 da $7261,8:500=14,5$: añadamos esta cantidad á la que hemos obtenido anteriormente, y tendremos para diferencia de nivel entre París y Madrid $558,6+14,5=573^{m},1$. Los resultados obtenidos por este medio suelen dar algun error, sobre todo si la temperatura de ebullicion en uno de los dos puntos es inferior á 90°, pero hasta esta temperatura podrá tomarse como cierta, y en los demás casos tambien si no se trata de operaciones importantes: además, con los datos que el hipsómetro haya dado, puede hacerse el cálculo en presion de mercurio, y será mas exacto. Observando en diferentes puntos la temperatura de ebullicion se han encontrado los números siguientes

	Altura sobre el Océano.	Altura media barométrica.	Temperatura de ebullicion.
Nivel del mar Océano..................	0	0m,76	100°
Paris....................................	65 m.	0,754	99,7
Viena....................................	133	0,747	99.5
Moscou..................................	300	0,732	99,0
Madrid..................................	638	0,706	97,8
Hospederia de San Gotard............	2075	0,586	92,9
Méjico......	2277	0,572	92,3
Quito.....	2908	0,522	90,1
Caserío de Antisana....................	4101	0,454	86,3

428. Influencia de un cuerpo en disolucion. El líquido que tiene en disolucion un cuerpo menos volatil que él, hierve á una temperatura tanto mas elevada cuanto mas cantidad de cuerpo tiene disuelto; pero el vapor que resulta tomará la tension correspondiente á la presion atmosférica y no tendrá la temperatura del líquido que le produce, sino la que este tendria al vaporizarse si estuviera puro. Cuando el cuerpo está solo en suspension en el líquido no aumenta la temperatura de ebullicion. El agua saturada de sal comun hierve á 107°, de nitro á 116, de carbonato de potasa á 135, y de cloruro de calcio á 179.

429. Influencia del vaso. Los líquidos no hierven á una misma temperatura en todos los vasos; el agua en uno metálico hierve á 100 grados, y si es de porcelana ó cristal puede llegar hasta 105°, siendo sin embargo 100 la temperatura del vapor; pero si se echan pedazos de metal en el vaso, la temperatura de ebullicion es la misma que si todo él fuera metálico. Estos pedazos producen otro efecto, que es el de evitar los movimientos bruscos que resultan en algunos líquidos al vaporizarse; por ejemplo, el ácido sulfúrico cuando se concentra hace estos movimientos, proyectándose fuera de los vasos que le contienen, y por eso para evitarlo se ponen siempre en el fondo algunos pedazos de platino.

430. Temperatura de ebullicion de los líquidos. La tabla siguiente contiene la temperatura de ebullicion de los líquidos mas importantes, á la presion de 0m,76.

Acido sulfuroso..............	−10°
Eter clorhídrico..............	11
Eter sulfúrico................	37,8
Sulfuro de carbono...........	47
Alcohol......................	79
Agua destilada...............	100
Aguarrás.....................	150
Fósforo......................	290
Acido sulfúrico concentrado....	325
Aceites fijos.................	316 á 330
Mercurio.....................	360
Azufre.......................	440

431. Estado vesicular. El vapor de agua se presenta á veces en forma particular de globulillos huecos y sumamente pequeños, de modo que es visible, y en este caso se dice que está en estado *vesicular*.

432. Estado esferoidal. Si un líquido se coloca sobre un cuerpo metálico que esté á elevada temperatura, ofrece particularidades en su vaporizacion que vamos á indicar. El líquido toma la forma de esfera mas ó menos aplastada segun su cantidad, y adquiere un movimiento rápido; no toca á la superficie metálica, y su vaporizacion es mucho menos rápida que á la temperatura de ebullicion, conservándose además el líquido á una temperatura inferior á esta: por ejemplo, el agua no pasa de $95\frac{1}{2}$ grados; si se va enfriando el cuerpo metálico llega á una temperatura en que estos fenómenos no se producen, y se forma una rápida vaporizacion. Boutigny ha estudiado este estado particular de los líquidos, al que ha dado el nombre de *estado esferoidal*, y ha hecho esperimentos curiosos, entre los que citaremos uno como ejemplo: consiste en calentar hasta el rojo una cápsula metálica y echar en ella algunas gotas de agua; en seguida se echa un poco de ácido sulfuroso que hierve (430) á —10°, y como baja todavía de esta temperatura en el estado esferoidal, segun antes hemos dicho, produce un frio suficiente para helar el agua en el crisol hecho ascua. Los fenómenos del estado esferoidal no se han esplicado de una manera satisfactoria.

433. De la destilacion, evaporacion y desecacion nos ocuparemos mas adelante cuando espliquemos las aplicaciones industriales de estos fenómenos.

434. Cambio de estado de vapor á líquido. El cambio de estado de vapor á líquido se efectua por causas contrarias á las que producen la vaporizacion, es decir, por enfriamiento ó por presion. Tambien se efectua por la afinidad de las moléculas de ciertos cuerpos con las del vapor. Un espacio en que hay vapor podrá estar saturado ó no; si no está saturado sabemos que podrá hacerse que lo esté, ó disminuyendo la temperatura, ó disminuyendo el espacio (419): en el caso de estar saturado, ó de saturarse por cualquiera de estas dos causas, si continua cualquiera de ellas, una parte del vapor abandonará su estado y pasará á líquido, dejando libre al hacerlo todo el calórico latente que le corresponde. Si en un espacio en que hay vapor se pone un cuerpo que tenga afinidad con este vapor, le absorberá aunque el espacio no esté saturado: la cal viva toma del aire cualquiera cantidad de vapor que en él se encuentre, convirtiéndole en agua para *hidratarse:* lo mismo hace el cloruro de calcio, ácido sulfúrico concentrado, potasa cáustica y otros cuerpos; habiendo tambien algunos que pueden disolverse en el agua que toman, por lo que se llaman *delicuescentes*.

Fig. 228.

Estos cuerpos que absorben el vapor del aire se emplean muchas veces con el objeto de obtener una atmósfera seca, como ya hemos tenido ocasion de decir (132, 254).

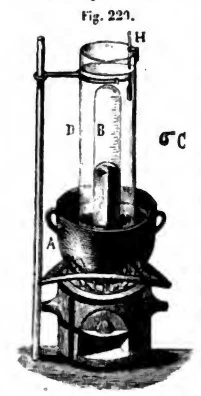
435. Condensacion de los gases. Los cuerpos que se llaman generalmente gases son solo vapores muy dilatados, y necesitan por tanto una fuerte presion para condensarse ó una temperatura sumamente baja. Muchos gases se han condensado por el método de Faraday, que consiste en colocar en uno de los estremos de un tubo encorvado (*fig.* 228), cerrado á la lámpara, los cuerpos que pueden producir el gas; este llena el espacio y se comprime con las nuevas porciones que se van formando.

produciéndose una presion que suele ser suficiente para liquidarle. Tambien se hace bajar la temperatura en el tubo con un cuerpo frio aplicado al esterior; el ácido carbónico necesita para liquidarse una presion de 35 atmósferas á la temperatura de 0.

436. Densidad de los vapores. Al estudiar la densidad de los gases ó su peso específico (254), no pudimos hacerlo con los vapores puesto que todavía no conocíamos sus propiedades, y ahora añadiremos que los medios allí indicados no pueden emplearse para los vapores, pues se condensarian en todo ó en parte al hacer la operacion, y no tendríamos su peso y volumen exacto. Conocidas las propiedades de los vapores ocupémonos de la determinacion de su peso específico, que será, como en los gases, la relacion entre los pesos de un volumen de vapor y otro de aire á la misma presion y temperatura.

437. Método de Gay-Lussac. Este físico encontró el peso específico de los vapores de muchos cuerpos por el método siguiente (*fig.* 229). Supongamos una caldera con mercurio *A*, y en ella una campana *B* de bastante capacidad llena de mercurio; coloquemos dentro de ella una esferita de cristal *C* llena de líquido cuyo vapor vamos á examinar, la que estará cerrada á la lámpara, y habremos pesado vacía y con el líquido para conocer el peso exacto de este; la esferita como mas lijera que el mercurio subirá á la parte superior: en este estado, pongamos un cilindro de cristal *D* que envuelva á la campana *B*, y en él un líquido que nos pueda dar sin convertirse en vapor una temperatura mas elevada que la de vaporizacion del líquido de la esferita; si por ejemplo es agua el líquido cuyo vapor examinamos, pondremos en *D* aceite (430). Calentando la caldera *A*, el líquido en *D* calentará el de la esferita, y éste dilatado la romperá y se convertirá en vapor, haciendo bajar el mercurio de la campana *B*; esta, que deberá estar graduada, nos dará el volumen del vapor cuyo peso es el del agua que le ha formado: además un termómetro *H* nos dará su temperatura, y la presion será la del barómetro menos la altura del mercurio en *B*, altura que debe existir, pues si el mercurio está al mismo nivel esterior, será porque el líquido ha sido en esceso, y no podremos saber si está convertido completamente en vapor, en cuyo caso no está averiguado el peso del volumen formado. Conocemos pues el peso y el volumen del vapor que ha resultado, su presion y su temperatura; nos falta encontrar. el peso de un volumen igual de aire á la misma presion y temperatura, para dividir por este el peso del vapor y tener el específico buscado. Supongamos que se han puesto en la esferita 2^{g},408 de alcohol, que son 0^{k},002408, y que se ha convertido en 1 litro y 7 décimos, $1^{lit.}$,7, que es en metros cúbicos 0,0017, marcando el termómetro 100°, el barómetro 0,76, y siendo la altura del mercurio en el tubo *B* sobre el de la caldera *A* de 6 centímetros; se trata de buscar el peso de un volumen de aire con la misma presion y temperatura; para esto sabemos que 1 metro cúbico de aire (225), á 0 grados y presion de 0,76, pesa 1^{k},3; luego 0^{m},0017 pesarán $0^{m},0017 \times 1,3 = 0^{k},00221$, y segun hemos dicho (372), el mismo volumen de aire

Fig. 229.



á 100 grados pesará $0,00221 : (1+0,003665\times100)=0^k,00162$, siendo la presion 0,76: pero la presion para el cálculo es $0,76-0,06=0,70$ por tener que descontar los 6 centímetros de altura de mercurio que han quedado en la campana *B*; luego el peso á esta presion (373) será $(0^k,00162\times0,70) : 0,76=0^k,001492$, este es el peso de un volumen de aire igual al de vapor en las mismas condiciones de presion y temperatura: dividamos el peso del vapor $0^k,002408$, que es el del alcohol empleado, por el peso del aire, y tendremos $0,002408 : 0,001492=1,613$, que es el peso específico del vapor de alcohol.

438. Método de Dumas. Otro método ha seguido Dumas para encontrar el peso específico de los vapores, con el objeto de poder elevar el baño á temperaturas mas altas, y evitar el vapor de mercurio dañoso que se forma en el procedimiento anterior. En un vaso esférico de vidrio *A* (*fig.* 230), terminado en punta aguda *D*, se introduce el cuerpo que ha de formar el vapor, y se coloca en el aparato

Fig. 230.



B, el cual puede bajar con el vaso para introducirse en la caldera *C* donde está contenido el líquido que ha de servir de baño: calentado este, el cuerpo colocado en *A* forma vapores que van espulsando el aire, saliendo por la punta abierta *D*; cuando el cuerpo se ha convertido en vapor deja de salir, lo que se advierte porque cesa un pequeño silbido que produce el vapor que sale; en tal estado se aproxima una lámpara á la punta *D* con el objeto de cerrarla, y para saber el peso del vapor se seca y pesa el vaso *A* exactamente, y se quita de este peso el del vidrio, para lo cual se habrá encontrado el peso del vaso lleno de aire antes de la operacion, y se añade lo que pesa un volumen de aire igual al vaso *A*, porque al pesarle con el vapor pierde de su peso el del volumen de aire que desaloja (252)· por lo tanto, es necesario conocer el volumen del vaso, lo que puede hacerse al mismo tiempo; para ello se introduce la punta *D* en mercurio y se rompe; como el vapor se condensará al enfriarse, el mercurio entrará llenando completamente el vaso si no le habia quedado aire, lo que sirve de rectificacion; puesto en seguida este mercurio en un tubo graduado nos dará su volumen y por lo tanto el del vaso á la temperatura ordinaria; pero como este vaso estaria dilatado cuando se encontraba á la temperatura del baño, es necesario reducirle al volumen que entonces tendria (371). Conocido así el volumen del vaso hallaremos el peso de un volumen de aire igual á él á la temperatura ordinaria, primero para añadir la pérdida de peso que ha tenido pesado en el aire, y despues para saber el peso del aire en volumen igual á la presion y temperatura del vapor, las que conoceremos, la primera por el barómetro y la segunda por un termómetro colocado en el baño. Estos volúmenes de aire y el resto de la operacion hasta encontrar el peso específico, serán determinados como queda dicho en el método anterior (437).

439. Tabla del peso específico de los vapores. La siguiente tabla presenta el peso específico de los vapores de los principales cuerpos.

Aire..............................	1,0000
Vapor de agua....................	0,6235

De alcohol	1,6138
De eter sulfúrico	2,5860
De aguarrás	5,0130
De mercurio	6,9760

440. Volumen de los vapores. Se puede facilmente determinar por medio del cálculo el volumen que tendrá un vapor con relacion al que tiene el cuerpo que le ha formado, y para ello compararemos con el aire, cuyo peso conocemos, y es además la unidad en el peso específico de los vapores. Supongamos que se trata de saber cuántos centímetros cúbicos dará de vapor 1 de agua ó sea 1 gramo: es evidente que el vapor ha de pesar lo mismo que el agua que le ha producido; luego se trata de saber qué volumen de vapor á 100° y presion de $0^m,76$ pesa 1 gramo: si este vapor fuera aire, como sabemos (225) que 1 litro ó sea 1000 centímetros cúbicos pesan $1^g,3$ á 0° y presion de $0^m,76$, el aire que pesará solo 1 gramo será $1000 : 1,3 = 769,23$ centímetros cúbicos: pero este volumen es á 0 grados y el vapor estará á 100; luego para comparar habrá que reducir tambien el volumen del aire á 100 grados (371), y tendremos $769,23 \times (1 + 0,003665 \times 100) = 1051,1528$ centímetros cúbicos. Este volumen de aire á 100° pesa 1 gramo; el mismo volumen de vapor solo pesaría $0^g,6235$ por ser este su peso específico (439); luego si $0^g,6235$ de vapor ocupan un volumen de 1051,1528 centímetros cúbicos, 1 gramo de vapor ocupará $0,6235 : 1051,1528 :: 1 : x = 1051,1528 : 0,6235 = 1685,89$ centímetros cúbicos; luego un volumen de agua se convierte en 1685,89 volúmenes de vapor. Si la presion no fuera $0^m,76$, habria que corregir el volumen del aire por la diferente presion (373).

CAPITULO IV.

MANANTIALES DE CALÓRICO: INFLUENCIAS DEL CALÓRICO EN LA ATMÓSFERA.

441. Manantiales de calórico. El calórico es producido por varias causas que vamos á examinar con mas ó menos detencion segun su importancia, dividiéndolas en *mecánicas, físicas, químicas* y *fisiológicas*.

442. Causas mecánicas: calórico por frotamiento. Las causas mecánicas son el *frotamiento*, la *presion* y la *percusion*. El frotamiento desenvuelve una grande cantidad de calórico, lo que podemos observar en muchos casos; cuando se barrena un pedazo de madera, la barrena se calienta, y Rumford ha hecho hervir agua barrenando bronce dentro de ella. Este efecto produce suficiente calor para hacer arder los ejes de los carruajes cuando marchan algun tiempo con bastante velocidad, sobre todo si el frotamiento es grande por no estar bien ensebados. Hasta el dia solo se ha aplicado este medio de producir calórico á la formacion de vapor en una máquina que han presentado á la esposicion universal de París, Beaumont y Mayer. Consiste esta máquina en una caldera de hierro cilíndrica de 2 metros de longitud por $0^m,50$ de diámetro, que contiene en su interior un tubo ligeramente

cónico, de cobre, cuyo diámetro mayor es $0^m,35$ y el menor $0^m,30$: este tubo está perfectamente unido por sus bases á las de la caldera, de modo que entre los dos cuerpos queda un espacio cerrado que se llena de agua; en el interior del cono entra otro de madera forrado esteriormente de estopa trenzada y atravesado por un arbol de hierro; este cono ajusta perfectamente con el hueco por medio de las estopas, y cuando deja de ajustar por gastarse aquellas se le hace penetrar mas por medio de unos tornillos; puesto en movimiento el arbol con una velocidad de 400 vueltas por minuto se hace frotar el cono interior con el de cobre, y se produce el calórico suficiente, segun esperimentos hechos, para elevar al cabo de algunas horas la temperatura de 400 litros de agua (200 arrobas) á 130 grados, teniendo por consiguiente el vapor producido una tension de cerca de 3 atmósferas (421), de modo que es una caldera de mayor presion que la atmosférica, por lo que está provista de todos los accesorios que mas adelante veremos. Esta máquina con una fuerza 2 aplicada al movimiento del cono, produce vapor para una fuerza 1, de modo que emplea doble fuerza de la que da; pero sus autores dicen que puede aplicarse para producir calor cuando hay fuerza perdida, como saltos de agua, hombres ó caballos en un ejército, y otros casos semejantes; esto es, convierten la fuerza en calórico resolviendo el problema contrario al que una máquina de vapor resuelve, que es convertir el calórico en fuerza. En la Esposicion universal de París, con el calor de esta máquina hacian chocolate que se vendia por tazas al público.

443. Calórico por presion y percusion. La presion desenvuelve calórico en los cuerpos segun su compresibilidad; así es que los gases producen mucha cantidad. Facil es convencernos poniendo un gas dentro de un recipiente, y comprimiéndole por cualquier medio; pero tenemos una aplicacion de este principio en el aparato llamado *eslabon neumático*. Consiste este en un tubo de metal ó vidrio cerrado por un estremo, y en el que entra un émbolo muy bien ajustado; á la punta de este émbolo se coloca un poco de yesca, y en esta disposicion se le hace entrar en el tubo comprimiéndole de pronto con bastante fuerza: el aire que no puede salir se comprime, y desarrolla calor suficiente para encender la yesca y para producir una ráfaga luminosa, lo que indica que sube mas de 300 grados. La percusion produce tambien calor, y para convencernos no hay mas que machacar un pedazo de metal, por ejemplo, y veremos elevarse muy sensiblemente su temperatura.

444. Causas físicas. Las causas físicas son, el *calor de sol*, el *terrestre*, las *acciones moleculares*, los *cambios de estado* de los cuerpos, y la *electricidad*.

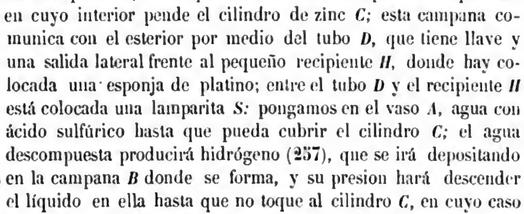
445. Calor del sol. El calor del sol es el que ejerce mayor influencia sobre la tierra; y aunque no se ha medido muy exactamente, Pouillet supone que la tierra recibe anualmente el suficiente calor para fundir una capa de hielo que la cubriera toda y tuviera 31 metros de gruesa: pero otros autores dan números menores. Se ha calculado que el calor recibido por la tierra es, del total que emite el sol, $1:2381000000=0,00000000042$, teniendo en cuenta para este cálculo el volumen y distancia de los dos planetas.

446. Calor de la tierra. Existe en la tierra un calor propio que no se puede suponer producido por el del sol, pues este no penetra sino hasta cierta profundidad, lo que se prueba por encontrarse en todos los puntos del globo una capa de temperatura invariable en las diferentes estaciones del año. Este calor propio, llamado tambien calor central, se manifiesta en ella muy marcado, pues pro-

fundizando á 30 ó 40 metros de la capa de temperatura invariable se encuentra el aumento de 1 grado en la temperatura, continuando hasta todas las profundidades á que se ha llegado; esto parece probar que el interior de la tierra debe encontrarse líquido por lo menos, pues conociendo el radio de ella (111), muy facil sería deducir que en su interior debe haber una temperatura de 127,000 grados próximamente, á la cual debe suponerse que todos los cuerpos que conocemos se encuentran por lo menos líquidos; de modo que si el centro de la tierra no se encuentra en este estado ha de ser porque está formado de otros cuerpos mas refractarios, ó, lo que no es probable, que el aumento de temperatura cese á cierta distancia á la cual no se ha llegado. Este calor central es sin influencia en la temperatura de la superficie, pues segun algunos físicos, apenas la eleva 0,028 de grado.

447. Acciones moleculares. Un cuerpo que absorbe á otro eleva su temperatura, pero este fenómeno se hace mas notable en la absorcion de un gas por un sólido. La esponja de platino, ó sea el platino muy dividido, absorbe una cantidad de hidrógeno considerable, el cual comprimido eleva la temperatura hasta poner candente el metal, que puede hacer arder al mismo hidrógeno en el esterior. De esta propiedad se ha sacado partido construyendo un aparato llamado *lámpara de hidrógeno*, que sirve para obtener luz con facilidad. Consiste el aparato (*fig.* 231) en un vaso de forma cualquiera *A*, en el que entra unida á su tapa una campana *B*,

Fig. 231.



en cuyo interior pende el cilindro de zinc *C;* esta campana comunica con el esterior por medio del tubo *D*, que tiene llave y una salida lateral frente al pequeño recipiente *H*, donde hay colocada una esponja de platino; entre el tubo *D* y el recipiente *H* está colocada una lamparita *S:* pongamos en el vaso *A*, agua con ácido sulfúrico hasta que pueda cubrir el cilindro *C;* el agua descompuesta producirá hidrógeno (257), que se irá depositando en la campana *B* donde se forma, y su presion hará descender el líquido en ella hasta que no toque al cilindro *C*, en cuyo caso cesa la produccion. Abriendo la llave del tubo *D*, sale este hidrógeno y es absorbido por el platino, que se pone candente y hace arder al gas que continua saliendo, el cual enciende la lámpara; el hidrógeno que ha salido falta en la campana *B*, pero el líquido entra á bañar el cilindro de zinc y se forma una nueva cantidad, de modo que siempre estará llena. Este aparato es cómodo para proporcionarse luz, y era muy útil cuando no habia los medios mas fáciles que en el dia existen.

448. Cambio de estado y electricidad. El cambio de estado de los cuerpos, de líquidos á sólidos y de gases á líquidos, deja libre una cantidad de calórico (414, 434); ya nos hemos ocupado de este punto, y mas adelante nos ocuparemos de la electricidad.

449. Causas químicas. Combustion. En toda reaccion química se produce calórico, que puede hacerse sensible ó no (413) segun las circunstancias, y es á veces en cantidad grande; si se mezcla cal viva con agua se produce mucho calórico por la hidratacion de la primera, y lo mismo sucede mezclando agua y ácido sulfúrico. La combinacion del oxígeno con los demás cuerpos se efectua desprendiendo calórico mas ó menos sensible, segun la combinacion es lenta ó rápida: si la combinacion es lenta se llama oxidacion, y el calórico pro-

ducido es insensible; pero si es rápida toma el nombre de combustion y el desprendimiento de calórico es considerable, produciéndose además luz cuando sube de 500 grados. Las combinaciones del oxígeno se efectuan en algunos casos á la temperatura ordinaria, pero otras veces se necesita una elevada temperatura. El aire suministra el oxígeno para la combustion cuando esta se efectua en él, escepto en muy pocos casos, como en la pólvora, que le suministra el salitre; por lo tanto es necesario para la combustion un aire que contenga oxigeno (223), pues de lo contrario no se produce. Hay sin embargo un gas, que es el cloro, que puede hacer arder á ciertos cuerpos, como el fósforo; pero esta combustion no es de interés para nosotros. En los sólidos se efectua la combustion en su superficie, y si se descomponen por el calor produciendo gases tambien combustibles, estos se queman encima, á no ser que una corriente de aire varíe la direccion del gas, y por consiguiente de la llama. Nos convenceremos de que son estos gases los que producen la llama, apagando una luz, pues vemos un humo, que le formarán precisamente los gases que debian arder; aproximemos á este humo otra luz y le veremos arder encendiendo la que está apagada. De otra manera puede prepararse el esperimento: las telas metálicas tienen la propiedad de interceptar la llama en los combustibles, sin que esta las pueda atravesar, propiedad que utilizó Davy para la construccion de su lámpara de seguridad ó lámpara de mineros, de que nos ocuparemos al tratar de la luz. Segun esto, coloquemos sobre una llama un pedazo de tela metálica, y veremos atravesar solo el humo, ó sean los gases que no han podido arder; apliquemos encima de la tela una luz y haremos arder á estos gases. Una llama para ser brillante necesita cuerpos sólidos dentro de ella, de lo contrario es pálida; asi el hidrógeno puro da una llama de muy poca intensidad, y el hidrógeno carbonado, que es el hidrógeno combinado con carbono, la da tan brillante, que sirve con grandes ventajas para el alumbrado; pero el calor que produce una llama no se ha de deducir de su brillo, pues la del hidrógeno, que es muy pálida, como hemos dicho, produce sin embargo mucho calor. El centro de toda llama es opaco, pues en él no se hace la combustion, porque el oxígeno se consume en la parte esterior y no puede penetrar; de manera que en este punto hay esceso de combustible; sigue despues una aureola brillante, donde este y el oxígeno están en la cantidad conveniente para que la combustion sea perfecta y la luz brillante; despues de esta aureola hay otra, que es la parte esterior de la llama, en la cual el oxigeno está en esceso, por lo que arde completamente el combustible, y no hay bastante parte sólida para producir el brillo; de modo que en esta aureola es la llama pálida: resulta, pues, que el centro es el punto de mas combustible, la parte media el de mas luz, y la estrema el de mas calor; por eso, colocando un cuerpo en la llama del centro podrá perder su oxígeno, que le tomará el combustible para arder; pero si se pone en contacto con la parte esterior, tomará oxígeno del que hay en esceso, y arderá ó se oxidará el cuerpo: esta es la causa por que á la parte central se la dice llama *desoxidante*, y á la esterior, llama *oxidante*. El gas que sale del combustible tardará mas en quemarse cuanto menos oxígeno encuentre; así que el combustible del centro de la llama, que reemplazará al que encima se queme, arderá lejos del cuerpo que le produjo si el aire que alimenta la combustion se renueva lentamente, y por tanto se formará una llama larga; por el contrario, si hay mucha

corriente ó renovacion de aire el combustible arderá mas pronto, produciendo una llama mas corta. Podemos comprobar esta verdad examinando la llama de un quinqué; cuando tiene puesto el tubo de cristal que le sirve de chimenea, la llama será de una cierta longitud, debida á la velocidad del aire correspondiente al tamaño del tubo, y para aumentar la velocidad del aire tenemos que hacer mas largo el tubo, como veremos despues; podemos conseguirlo añadiéndole uno de papel, y veremos que en este caso la llama se acorta tanto mas cuanto mayor sea el tubo añadido: por esto hacemos llegar á un combustible mas ó menos aire segun nos convenga acortar ó alargar su llama. Téngase presente que si el combustible es en esceso, la parte central tiene que elevarse demasiado para encontrarse toda en contacto del oxígeno que necesita, lo que es causa de que se enfrie tanto que no pueda arder, y se desprenda en forma de gas ó humo, de modo que para que este arda completamente será necesario que el aire atraviese toda la masa del combustible en cantidad suficiente. El calor producido por la combustion de un cuerpo es siempre en cantidad igual, cualesquiera que sean las circunstancias en que se verifique, si es completa; no así la cantidad de luz, que varía en ciertos casos muy marcadamente.

450. Causas fisiológicas. La vida animal ó vejetal es causa de reacciones químicas, y por tanto la vida es un manantial de calor. Este calor varía en los diferentes animales, y así los hay que producen la cantidad suficiente para sustituir la que pierden por radiacion, y su temperatura no se altera sensiblemente con la de la atmósfera; esos se llaman animales de *sangre caliente*, y son los mamíferos y las aves: otros animales no producen el calor que rádian, y por tanto su temperatura varía con la de la atmósfera; estos se llaman animales de *sangre fria*, y son los reptiles, peces y moluscos. En los animales de sangre caliente influye la edad solo al principio de la vida; en el hombre, el niño muy pequeño rádia mas calor que produce, y por tanto su temperatura puede variar con la de la atmósfera: esto prueba cuán poco conveniente es desabrigar á los niños en tiempo frio. La temperatura del hombre varía en sus diferentes órganos desde 32°,22 á 41,7; varía tambien segun su estado de salud; y además, segun parece, la temperatura durante el sueño es 0°,8 menor que despierto. Segun J. Davy se debe tomar por temperatura media 37°. El hombre puede resistir una temperatura mayor que la suya, lo que se atribuye á la pérdida de calor que esperimenta por la traspiracion cutánea al evaporarse, y tambien la pulmonal; y esto esplica por qué molesta un aire caliente húmedo mas que seco á la misma temperatura, pues el primero producirá menos evaporacion: en algunos dias de verano el calor sofoca por esta razon sin que sea mayor que en otros. La causa del calor animal, á lo menos la principal, es la respiracion: una teoría admitida para esplicarla es la siguiente. El aire respirado introduce oxígeno en los pulmones, el cual convierte la sangre en *arterial;* en la circulacion de esta sangre se forma la combinacion del carbono en los capilares de los diferentes órganos con el oxígeno absorbido por la sangre, convirtiéndose esta en *venosa*, que llega otra vez á cambiar por endósmose en los pulmones el ácido carbónico que ha tomado, con el oxígeno que ha entrado nuevamente en ellos, volviéndose á convertir otra vez en arterial. Esta combinacion del oxígeno y carbono es una verdadera combustion, y produce por lo tanto calor que se reparte entre todos los órganos, perdiéndole la sangre arterial

que es por esta causa mas caliente 1 grado que la venosa. Esta teoría ó cualquiera otra que pudiéramos adoptar, nos haria ver que por la combustion del carbono con el oxígeno resulta el calor animal; que en el acto de la respiracion quema cada animal una cantidad de carbono, produciendo un calor igual al que desprenderia la misma cantidad de carbono quemada al aire libre. Si sabemos cuánta es esta cantidad, facil será calcular el calor producido: en el hombre, segun los esperimentos de Dumas, la cantidad quemada por hora es de 10 gramos, y suponiendo, como veremos despues, que 1 kilógramo de carbon produce al quemarse 7000 unidades de calor, los 10 gramos, que son una centésima parte del kilógramo, producirán 70 unidades; esta es la cantidad de calor que admitiremos como producida por un hombre en una hora, calor que perderá en parte por radiacion y pasará á calentar los cuerpos inmediatos, puesto que su temperatura es siempre constante: de esta causa proviene la elevacion de temperatura en todo lugar cerrado donde se reunen muchos hombres ó animales.

451. Calor producido por la vejetacion. En la vejetacion se desarrolla tambien calor, pero en cantidades muy pequeñas, y por lo tanto no nos ocuparemos de este punto.

452. Causas de bajas temperaturas, ó de frio. Es de mucha importancia por sus aplicaciones examinar las causas que producen bajas temperaturas. Estas causas son: *el cambio de estado de los cuerpos*, de sólidos á líquidos ó de líquidos á gases; *la dilatacion de los gases;* y la *radiacion.*

453. Mezclas frigoríficas. El cambio de sólidos á líquidos puede producir en ciertas circunstancias temperaturas muy bajas (413). Si se mezclan dos cuerpos sólidos, ó sólido y líquido, cuyas moléculas tengan grande afinidad, pasan á líquidos en un tiempo demasiado corto para tomar calor del aire, y por tanto le toman de su misma masa, produciendo en ella una baja de temperatura que podrá utilizarse en muchos casos. Las mas importantes de estas mezclas frigoríficas se indican en la tabla siguiente, con la temperatura que resulta para la mezcla y el número total de grados que baja, suponiendo que los cuerpos están á 10 grados al reunirlos.

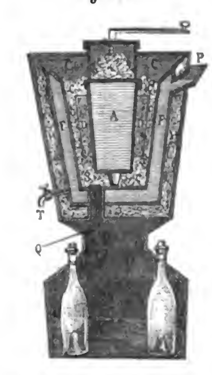
AGUA Y SALES.	PARTES EN PESO.	FRIO PRODUCIDO.	
		Temperatura que resulta.	Total número de grados que baja.
Agua	16	−12	22
Nitro	5		
Hidroclorato de amoniaco	5		
Agua	16	−16	26
Hidroclorato de amoniaco	5		
Nitro	5		
Sulfato de sosa	8		
Agua	1	−16	26
Nitrato de amoniaco	1		

	PARTES EN PESO.	FRIO PRODUCIDO. Temperatura que resulta.	FRIO PRODUCIDO. Total número de grados que baja.
Agua....................................	1		
Nitrato de amoniaco.....................	1	—19	29
Sub-carbonato de sosa...................	1		
HIELO Y SALES.			
Hielo machacado.........................	2		20
Sal comun (cloruro de sodio)..........	1		
Hielo....................................	5		
Sal comun...............................	2		24
Sal amoniaco............................	1		
Hielo....................................	24		
Sal comun...............................	10		28
Sal amoniaco............................	5		
Nitro....................................	5		
Hielo....................................	12		
Sal comun...............................	5		31
Nitrato de amoniaco.....................	5		
ACIDOS Y SALES.			
Sulfato de sosa.........................	3	—19	29
Acido nítrico diluido...................	2		
Sulfato de sosa.........................	8	—17	27
Acido clorhídrico.......................	5		
Sulfato de sosa.........................	6		
Sal amoniaco............................	4	—23	33
Nitro....................................	2		
Acido nítrico diluido...................	4		
Sulfato de sosa.........................	6		
Nitrato de amoniaco.....................	5	—26	36
Acido nítrico diluido...................	4		
Fosfato de sosa.........................	9	—29	39
Acido nítrico diluido...................	4		
Sulfato de sosa.........................	20	—8,5	18,5
Acido sulfúrico.........................	16		

454. Aparato para producir hielo. Diferentes aparatos se han inventado para producir hielo á poca costa y en la cantidad que pueda necesitar una

familia; de entre ellos describiremos uno que produce muy buenos resultados (*figura* 232). Consiste en una caja algo cónica *A*, en la que se pone agua y que lleva en su esterior unas paletas *D* y una tapa *B* que contiene cuerpos malos conductores del calor, como estopa, salvado ú otros (392). Esta caja *A* va dentro de otra *C* de mas capacidad, y en la que puede girar por medio de un manubrio: en la caja *C* se pone una mezcla frigorífica; todo esto se coloca dentro de otra caja *F* que lleva tambien agua, y todavía hay otra cubierta esterior para poner entre ella y la caja *F* en *H* un cuerpo mal conductor: este aparato se pone sobre otro recipiente *N* que le sirve de base. Introduciendo agua en *A* y tambien en *F*, á donde puede entrar por *P*, y puesta la mezcla frigorífica en *C*, se da vueltas al manubrio para poner en contacto con los vasos las diferentes partes de la mezcla; á los pocos minutos puede sacarse agua fria por *T*, ó un cilindro de hielo si se deja mas tiempo, lo mismo que de *A*; despues que ha servido la mezcla se hace caer al recipiente *N* por la válvula *S* que se abre con la palanca *Q*, y este líquido todavía frio puede servir para enfriar botellas. La mezcla frigorífica se hace en pequeñas cantidades á la vez para aprovechar mejor su efecto; con 16 libras de sulfato de sosa y 10 de ácido clorhídrico se pueden obtener en varias operaciones, empleando en todas una hora, 10 á 12 libras de hielo. Es evidente que cualquiera de las mezclas que hemos indicado (453) servirá para el efecto, debiendo escojerse naturalmente la mas barata, y en proporciones que produzcan suficiente baja de temperatura si se alteran las que hemos marcado.

Fig. 232.

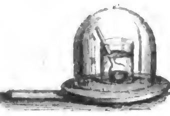


455. Frio producido por la evaporacion. El cambio de estado de líquido á vapor produce tambien mucha absorcion de calor, resultando por esta causa muy bajas temperaturas. Hay un pequeño aparato que hace ver el frio producido por la evaporacion (*figura* 233). Supongamos un vaso *A* que contiene ácido sulfúrico concentrado, y encima otro *B* chato que contiene agua; colocados los dos en esta disposicion bajo la campana de la máquina neumática, el agua se evapora por falta de presion, instantáneamente (419); pero el ácido, que tiene grande afinidad con el vapor, le absorbe dejando el espacio vacío, por lo que se forma otra nueva cantidad de vapor, y de esta evaporacion rápida y contínua resulta una baja de temperatura en el agua, que es de donde el vapor toma su calórico latente, que basta para conjelarla al poco tiempo. Puede producirse el mismo fenómeno de otro modo. Si ponemos (*fig.* 234) un pequeño matraz *A* con agua, dentro de un vaso *B* que contenga éter, y todo lo colocamos bajo la campana de la máquina neumática, el eter entra en ebullicion á la temperatura ordinaria (424), y la misma máquina estrae el vapor formado, el cual lleva del agua una

Fig. 233.



Fig. 234.



cantidad de calórico que hará bajar su temperatura hasta producir la congelacion. Si en lugar de éter se emplea ácido sulfuroso, podrá en poco tiempo solidificarse el mercurio.

456. Solidificacion del ácido carbónico. La vaporizacion rápida y dilatacion del vapor ha dado la temperatura mas baja que en el dia puede obtenerse. Thilorier ha llegado á obtener ácido carbónico líquido en mucha cantidad con la presion producida por el mismo gas (435). En un vaso de plomo cubierto de cobre, y reforzado con cercos de hierro forjado unidos unos á otros, cuyo vaso se llama *el generador*, se coloca bicarbonato de sosa y un tubo de cristal con ácido sulfúrico; tapado despues este vaso con fuertes chapas de hierro unidas por barras tambien de hierro, se le hace comunicar por medio de un tubo resistente con otro vaso igual llamado *el recipiente*, y tambien perfectamente cerrado; dando un movimiento de oscilacion al generador, que está apoyado sobre dos pies por su centro, el ácido sulfúrico del tubo de cristal se sale y esparce sobre el bicarbonato, produciéndose un desprendimiento grande de ácido carbónico, que pasará al recipiente por la diferencia de presiones, pues en el generador se eleva la temperatura por la accion química, y el gas tiene mayor fuerza elástica: acumulado así en cantidad grande, se liquida á una presion que podrá llegar á 50 atmósferas á la temperatura que tendrán los vasos. El líquido que resulta es sumamente volatil á la presion y temperatura ordinaria, y se ha sacado partido de esta propiedad para solidificarle. En efecto; supongamos una caja de metal chata, que tiene un tubo que entra ajustado á una abertura del recipiente en que está el ácido carbónico líquido, y que tiene además otro tubo opuesto al primero; puesta la caja en comunicacion con el recipiente, y abriendo la llave que este debe tener para el efecto, el ácido carbónico se precipita dentro de la caja, pero por el tubo opuesto se marcha volatilizada una gran porcion, que al convertirse en gas toma del mismo líquido la suficiente cantidad de calórico para solidificar el resto, quedando la caja llena á muy poco tiempo del ácido sólido; en este estado es mas fijo que líquido, y presenta la forma y color de copos de nieve: si se coloca sobre la mano la sensacion no es grande, porque está rodeado de una atmósfera de ácido en estado de gas que impide el contacto; pero si se mezcla con un poco de éter, el contacto se verifica, y el efecto es como el de una fuerte quemadura: el termómetro en este caso marca 80 grados bajo cero. Si una corriente de ácido líquido se echa sobre un termómetro de alcohol, llegará á marcar 100° bajo cero.

457. Otros enfriamientos por la evaporacion. La costumbre tan general en España de colocar el agua para enfriarla, en botijos y alcarrazas de barro poroso, tiene su orijen precisámente en el frio producido por la evaporacion; el barro poroso deja salir una cantidad de agua á la superficie esterior, la cual en contacto con el aire se evapora, y para ello toma calórico del botijo y del agua que contiene; si está colocado en una corriente de aire, el enfriamiento es mayor por ser mas rápida la evaporacion.

458. Radiacion á los espacios planetarios. La temperatura del espacio donde se encuentran colocados todos los planetas, y entre ellos el nuestro, no es conocida, pero hay que suponerla muy baja: segun Fourrier debe ser menor que la mas baja observada en el globo, y como esta ha llegado á —56°,7, temperatura que observó Black en 1834 á 62° 41' de latitud, puede suponerse de —60° la

temperatura de los espacios planetarios. Poisson, que se ha ocupado tambien de esta cuestion, supone que la temperatura debe ser muy poco elevada en el límite de la atmósfera; y lo confirman varios fenómenos que se observan desde la tierra. De aquí resulta que en una noche despejada, la tierra en presencia de un espacio á tan baja temperatura radiará calórico y se enfriará: esta es la causa de lo que vulgarmente se llama *relente*, y de otros varios fenómenos. Si hay nubes cubren el espacio, y la radiacion no se hace de la tierra sino á la masa de nubes, que pueden reflejar el calor y volverlo á la misma tierra. La radiacion á los espacios y por tanto el enfriamiento producido, se aprovecha para conjelar el agua en algunos paises donde el hielo es escaso. En París se planteó un establecimiento de este género, que se componia de grandes estanques en que habia una capa delgada de agua, la cual se conjelaba por el frio de la evaporacion y por el que en ella producia la radiacion á los espacios en las noches serenas: esta industria cesó por resultar mayor el precio del hielo así obtenido que el del recojido en el invierno. Los efectos de la radiacion deben tenerse presentes por el agricultor, para cubrir las plantas sensibles al frio durante la noche; un cuerpo cualquiera, como estera, estiercol ú otro semejante, las preserva de la influencia de los espacios planetarios. Las campanas de cristal de que hemos hablado en otro lugar (391), preservan tambien de la radiacion como cuerpo interpuesto y que no deja pasar el calórico facilmente.

459. Influencias del calor en la atmósfera.—Temperaturas. La atmósfera varía de temperatura de una estacion á otra, de un punto á otro en el globo, del dia á la noche y aun de una hora á otra. Las causas de estas diferentes temperaturas son: la distancia variable del sol, la oblicuidad de los rayos enviados á la tierra por este astro, el aire en movimiento, la elevacion sobre el nivel del mar, la situacion ó esposicion del terreno á los vientos, su posicion con respecto á las montañas, su distancia á los mares, y algunas otras causas fáciles de conocer.

460. Observaciones termométricas. En cada punto del globo es necesario llevar con exactitud las observaciones termométricas, para poder conocer las mayores y menores temperaturas y tambien la media, pues de aquí resultan infinitas aplicaciones para la aclimatacion de plantas y animales de un punto á otro del globo, y hasta para la salud pública. Las observaciones termométricas deben hacerse de hora en hora, ó lo mas de dos en dos, conociendo tambien la máxima y mínima entre estos intérvalos; todas las temperaturas de un dia sumadas, dividiendo la suma por el número de observaciones, darán la media temperatura del dia; de estas medias resultará la media del mes, y de estas la del año, pudiendo fijarse la temperatura media del punto en donde se hacen las observaciones por la que resulte de 10 ó mas años: así se conocerá el mes mas frio y mas caluroso, y la máxima y mínima de cada dia dará cuál es la mayor y menor temperatura en el año, y en qué mes se encuentra. Este trabajo será enojoso para un particular, pero se ha observado que tomando por medio de un termómetro de máxima y mínima la mayor y menor temperatura del dia y la media de estas dos, se tienen próximamente la media de todo el dia. A falta de termómetro de máxima y mínima se puede tomar la de las 7 de la mañana en el mes mas caluroso del punto donde se hace la observacion, y la de las 10 en el mas frio, subiendo y ba-

jando de media en media hora en los meses intermedios, pues se ha observado que la temperatura de estas horas es próximamente la media de todas las 24. En París se ha visto que la temperatura máxima coincide con la de las 2 de la tarde, á cuya hora se ha encontrado ser la media de todo el año 14°,47; la temperatura mínima es á las 4 de la mañana, á cuya hora la media del año ha sido de 7°,13. La diferencia entre las temperaturas estremas de un dia es mayor cuanto mas elevada sea la media; asi en verano estas diferencias son mayores que en invierno, en los paises calientes mas que en los frios, y son muy pequeñas en los mares é islas, porque el agua se calienta muy poco á causa de su mucha capacidad calorífica, y así es que el aire apenas varia en su temperatura por el contacto con ella; por esta causa en los mares y costas suelen variar solo 2 á 3 grados lo mas las temperaturas estremas del dia, y dentro de los continentes varian á veces 15°. La temperatura media disminuye con la altura sobre la superficie del mar desde el ecuador, en donde es mayor la disminucion, hasta el polo; pero en cada punto se encuentra muy modificada por las circunstancias locales, y por lo tanto no se pueden fijar las leyes de esta disminucion; además se ha visto que la temperatura menor del globo no debe coincidir con los polos: la temperatura mas elevada que se ha observado en él ha sido de 47°,4 en Esné, Egipto, y la menor de —56,7 en Fort-Reliance, América del Norte á 62° 41′ de latitud; de modo que es una diferencia de mas de 104°. En Madrid la temperatura media, segun los datos que existen en el Observatorio astronómico, ha sido desde 1839 á 1846 de 13°,95: de nuestras observaciones resulta que la media temperatura en 1851 ha sido de 15,16; en 1852 de 14,25, y en 1853 de 15,17; y de las observaciones termométricas publicadas en la Revista de los progresos de las ciencias, sacamos las temperaturas medias de los años 1854 al 1857 inclusives, que veremos mas adelante. De todos estos años resulta una media de 15,085, que es la que fijamos para Madrid.

De la misma Revista sacamos tambien los siguientes datos. En 1857 las temperaturas en Madrid han sido las siguientes.

Meses.	Media.	Máxima	Dia	Mínima.	Dia.	OSCILACIONES. Mensual.	Mayor.	Dia.	Menor.	Dia.
Enero	4,66	16,22	12	—8,61	29	24,83	15,39	19	4,00	11
Febrero	6,61	15,94	27	—9,17	6	25,11	14,89	6	1,61	24
Marzo	11,89	22,94	29	—1,11	22	24,05	16,89	6	4,88	26
Abril	13,67	26,06	20	—0,83	26	26,89	19,22	22	5,56	2
Mayo	15,78	29,33	20	—0,83	1	30,16	18,67	22	8,00	4
Junio	23,17	35,50	25	8,50	18	27,00	22,83	15	10,22	17 20
Julio	29,50	41,22	18	11,67	1	29,55	21,17	19	12,72	2
Agosto	25,89	39,11	2	10,56	17	28,65	22,00	14	9,22	24
Setiembre	21,83	34,78	16	7,22	1	27,56	18,39	16	9,61	26
Octubre	14,78	28,00	1	3,89	25	24,11	17,56	5	3,06	26
Noviembre	11,05	15,55	3	5,27	28	10,28	14,94	12	4,66	2
Diciembre	5,94	14,34	4	—3,05	29	17,39	13,61	24	6,34	16

En los años de 1854 al 1857 inclusives han resultado las siguientes temperaturas.

AÑO.	MEDIA.	MEDIA MENSUAL MAYOR.	MES.	MEDIA MENSUAL MENOR.	MES.	MAXIMA EN EL AÑO.	DIA.	MINIMA EN EL AÑO.	DIA.	OSCILACIN ANUAL.
1854	15,96	28,17	Agosto ...	5,17	Diciembre.	41,64	22 Agosto	—7,28	29 Diciembre.	48,92
1855	14,28	27,89	Julio	3,96	Enero	38,88	30 Jul. 21 Ag.	—6,67	20 Enero......	45,55
1856	16,07	29,60	Julio	6,56	Diciembre.	39,60	16 Agosto	—6,67	2 Diciembre.	46,27
1857	15,39	29,50	Julio	4,66	Enero	41,22	18 Julio.........	—9,17	6 Febrero....	50,39

Las observaciones hechas en diferentes puntos de España han dado los siguientes resultados en el año de 1856.

PUEBLO.	MEDIA ANUAL.	MEDIA MENSUAL MAYOR.	MES.	MEDIA MENSUAL MENOR.	MES.	MAXIMA DEL AÑO.	MES.	MINIMA DEL AÑO.	MES.	OSCILACION ANUAL.
Santiago.....	12,00	19,8	Agosto.	6,8	Diciembre..	35,0	Agosto.	—2,0	Diciembre....	37,0
Oviedo......	13,71	22,2	Agosto.	7,2	Diciembre..	32,0	Agosto.	—2,1	Diciembre.....	34,1
Santander...	14,53	22,4	Agosto.	9,6	Feb. y Dic..	26,3	Agosto.	3,7	Enero y Dic.	30,0
Bilbao........	14,60	23,0	Agosto.	9,6	Diciembre...	37,8	Junio ..	—2,3	Febrero........	40,1
Vergara.....	13,64	22,2	Agosto.	7,7	Diciembre..	39,2	Agosto.	—1,4	Feb. y Diciem.	40,6
Barcelona..	16,93	25,8	Agosto.	9,8	Diciembre..	31,9	Agosto.	5,0	Diciembre.....	36,9
Zaragoza....	14,23	24,9	Agosto.	6,7	Diciembre..	38,3	Agosto.	—3,3	Diciembre.....	41,6
Soria........	»	23,4	Agosto.	0,3	Diciembre..	36,1	Junio ..	—6,7	Nov. y Diciem.	42,8
Sevilla......	»	27,9	Julio...	10,7	Marzo.......	27,9	Julio..	—1,7	Diciembre.....	29,6
Granada....	15,72	26,6	Julio...	6,7	Diciembre..	38,4	Junio ..	—1,2	Diciembre.....	39,6
Málaga......	20,34	28,9	Agosto.	13,6	Febrero.....	41,1	Agosto.	2,2	Diciembre.....	43,3

Las temperaturas medias observadas en diferentes puntos del globo, son las siguientes.

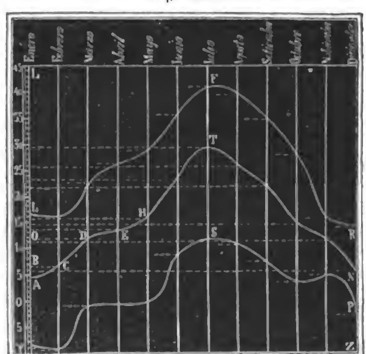
Abisinia	31°
Calcuta	28,5
Jamaica	26,1
Rio-Janeiro	23,1
El Cairo	22,4
Nápoles	16,7
Méjico	16,6
Madrid	15,085
Constantinopla	13,7
Pekin	12,7
París	10,8
Londres	10,4
Bruselas	10,2
Boston	9,3
Estocolmo	5,6
Moskow	3,6
S. Petersburgo	3,5
Groenlandia	—7,7
Isla Melville	—18,7

Se ve que las temperaturas medias no siguen rigorosamente la ley de decrecer con la distancia al ecuador tomadas en particular, pero si se observa el decrecimiento en general; habiéndose visto tambien que la temperatura decrece lentamente desde el ecuador hasta la inmediacion del polo, en donde el decrecimiento es rápido. La observacion de las temperaturas, por lo menos como las hemos presentado, es de la mayor importancia en agricultura; por ellas sabemos cuál es la mayor y menor temperatura del año, y deduciremos de esto si una planta puede ó no resistirlas; sabemos tambien en qué meses del año es demasiado baja la temperatura para dejar sin abrigo ciertas plantas, y cuándo por consiguiente se han de encerrar ó sacar de las estufas. Se adelantarán ó atrasarán las siembras, buscando los meses que den temperaturas medias ó estremas convenientes al cultivo que nos proponemos; en una palabra, se podrán sacar importantes datos en cultivos y aclimataciones de la observacion de las temperaturas. Todas las que hemos presentado de los diferentes puntos, se entienden tomadas á la sombra; si se trata de la temperatura al sol siempre es mayor, pero no es facil fijar cuál sea la diferencia; en algunos esperimentos hechos ha resultado una diferencia del sol á la sombra en el mismo punto desde 4 á 12°, por lo tanto no es posible dar un número fijo; pero es muy importante conocer cuál sea aproximadamente por lo menos, la diferencia en el tiempo del cultivo de las diferentes plantas y el máximo de temperatura, pues hay plantas que no podrán resistir este esceso de calórico y necesitarán sombra, al paso que otras se desarrollarán por él y necesitarán sol. La temperatura de la atmósfera no es la de la tierra por varias causas: desde luego retiene mas calor una tierra mas densa; por eso es conveniente conocer la densidad (175). Las tierras húmedas pueden tener 7 á 8 grados menos que las secas, porque mucha parte del ca-

lor que reciben las primeras le emplean en evaporar el agua que contienen. El color de la tierra tambien influye en su temperatura; las tierras negras absorben mas calor (385), pudiendo llegar la diferencia á 3 y 4 grados. Un terreno que recibe directamente los rayos del sol absorbe mas calor, y por tanto su temperatura media es mayor. Esta es la razon por qué valen mas los terrenos espuestos al Mediodía, sobre todo en los paises mas frios que España, donde necesita el agricultor aprovechar todas las circunstancias favorables para obtener buen resultado; si el calor es escesivo puede remediarse regando las plantas frecuentemente, pero si es poco, el remedio es mas dificil.

461. Curvas de temperaturas. De las temperaturas observadas en un punto, pueden formarse curvas que á primera vista nos den á conocer las variaciones, el máximo y mínimo, y otras particularidades que escapan en una coleccion de números, y que una simple ojeada hace conocer en la figura: este método, aplicable á tantos otros casos y tambien á las observaciones barométricas (242), le presentamos para las temperaturas medias, máximas y mínimas de todo el año de 1857, que hemos dado á conocer (460). En una línea cualquiera (*fig.* 235) *LY* se marcan partes iguales que indicarán grados, y bastan para este caso desde —10 hasta 45; tiradas paralelas á estas líneas á distancias iguales tomadas en *YZ*, marcarán los diferentes meses, y con su longitud la temperatura. Para formar la curva procederemos del modo siguiente. Supongamos la de medias temperaturas; en enero fue de 4°,66, y por tanto el punto *A* que marca este número de divisiones en la línea *LY*, será el primero de la curva; en febrero fue 6,61, tiraremos la línea *BC* desde *B*, que es donde está marcado este número de divisiones, hasta la vertical febrero, y el punto *C* marca la temperatura de este mes; en marzo fue de 11,89, tirada la linea *OD* desde el punto *O* en que se encuentra indicada esta temperatura, hasta la vertical marzo, nos da el punto *D*. Siguiendo de este modo encontraremos los puntos *EH* y siguientes, y trazaremos la curva *ACDEHTN*, que será la de temperaturas medias. De igual manera se traza la curva *YSP* de mínimas, y la *LFR* de máximas temperaturas. Lo mismo podrán hacerse para cada mes y aun para cada dia y para un cierto número de años; y es evidente que haciendo las divisiones de la línea *LY* mayores se podrán marcar décimas de grado, lo mismo que podrán marcarse en *YZ* los dias del mes ó cualquiera otra division que nos dé la curva con mas exactitud. Si estas curvas pueden ser importantes en la aplicacion á la agricultura, todavía lo serán mas si es cierto, como algunos han supuesto, que cada planta necesita desde que nace hasta que madura su fruto una cantidad fija de calor, que han determinado en grados de temperatura contando las medias de todos los dias que dura la vejetacion;

Fig. 235.



así han determinado qué el trigo empieza á vejetar á 6° de temperatura y necesita luego 2400°, y que el maiz necesita 4000. Si esto es cierto, repetimos, no hay mas que tirar una recta horizontal en las curvas de medias temperaturas por el punto 6°, por ejemplo para el trigo, y medir la superficie comprendida entre estas rectas y la curva: si tomando por unidad el cuadrado de la estension marcada para 1 grado, encontramos esta superficie mayor que 2400, podrá cultivarse el trigo en aquel punto; si fuera 2 × 2400, podrian ser dos las cosechas de trigo, y aun saber en qué mes se ha de sembrar y cuándo estará maduro. Aunque esto no pasa todavía de una hipótesis probable, puede sin embargo ser muy útil como dato mientras se hacen mas esperimentos, pero de todos modos las curvas de temperaturas serán importantes en las aclimataciones si se conocen las del pais donde la planta que se trata de aclimatar prospera; en una palabra, el agricultor inteligente podrá sacar mucho partido del estudio de las temperaturas.

462. Líneas isotermas. Se llaman líneas *isotermas* las que se han trazado en la superficie del globo pasando por los puntos de igual temperatura media. Si no hubiera mas causa que hiciera variar la temperatura, que el sol, resultaria que todos los paralelos de la tierra darian las líneas isotermas, pero como hemos indicado ya, son muchas las causas que hacen variar la temperatura en cada punto (459) y por eso resulta que las líneas isotermas se separan de los paralelos, elevándose unas veces y acercándose al ecuador otras. El ecuador termal ó línea de mayor calor no coincide mas que en dos puntos con el terrestre, segun le ha trazado Becquerel, pero no se aparta mucho; sin embargo, son pocas las observaciones hechas para poder marcar con exactitud estas líneas, y todavía menos en el hemisferio austral; pero se sabe que este hemisferio es mas frio que el nuestro, y que las líneas isotermas tienen en él menor diferencia con los paralelos, lo que es natural por tener mas estension de mares (111), y sufrir por esta causa menos diferencias las temperaturas medias (460).

463. Climas. Los antiguos dividieron el globo en zonas que llamaron *climas:* estos eran 24 contando del ecuador al círculo polar, y 6 desde este al polo; á los primeros llamaban climas de media hora, porque era este tiempo la diferencia del dia de un clima al otro en el solsticio de estio, y llamaban climas de meses á los otros seis; ahora los climas se han dividido en siete, comprendidos entre líneas isotermas de ciertas temperaturas, de la manera siguiente.

ORDEN.	TEMPERATURA DE LAS LINEAS ENTRE LAS QUE ESTA COMPRENDIDO EL CLIMA.		NOMBRE DEL CLIMA.
1.°	27°5	25°	Ardiente.
2.°	25	20	Cálido.
3.°	20	15	Suave.
4.°	15	10	Templado.
5.°	10	5	Frio.
6.°	5	0	Muy frio.
7.°	bajo cero		Glacial.

La España se encuentra colocada en el clima templado, y la mayor parte de la Europa está tambien en los climas que no son completamente frios. La palabra clima, á pesar de lo que dejamos dicho, se aplica en el dia, mas bien que á la temperatura, al conjunto de las circunstancias atmosféricas, como el calor, presion, estado del viento, humedad y todas las demás; por eso se dice un clima seco y un clima frio.

464. Disminucion de temperatura por la elevacion. La temperatura de la atmósfera decrece elevándose sobre el nivel del mar; esto se ha visto en las ascensiones aereostáticas, pues Gay-Lussac á 7.000 metros (257) observó una temperatura de $9\frac{1}{2}$ grados bajo cero, cuando en el suelo estaba á cerca de 27,75, tambien se ha observado por varios físicos, elevándose en las montañas; y en fin, se ve que decrece en ellas, puesto que existen en todas las regiones del globo montañas bastante elevadas para tener en su cima el agua conjelada en las cuatro estaciones del año, á cuya altura se llama region de nieves perpétuas. La causa de este fenómeno es que el aire, menos denso cuanta mayor es la altura á que se encuentra, tiene una capacidad calorífica menor, y por tanto los rayos del sol no le calientan como en la parte inferior, donde es mas denso: además, la radiacion de la tierra calienta al aire hasta cierta altura, y las capas elevadas no reciben este calor. Para formar idea de la disminucion de temperatura que resulta por la elevacion, diremos que algunos físicos la aprecian próximamente en 1 grado por cada 150 metros de elevacion en nuestros climas; pero esto no puede tomarse como exacto En las montañas se añade á la primera causa la de una rápida evaporacion á consecuencia de la poca densidad del aire, lo que naturalmente produce frio; y aun suponen algunos físicos que la radiacion á los espacios durante la noche es mayor que la absorcion del dia, sobre todo en aquellas montañas que se elevan á mayor altura que la comun de las nubes. La altura de las nieves perpétuas es mayor acercándose al ecuador; y aunque es bastante variable segun las circunstancias, por las observaciones hechas ha resultado que es sobre el nivel del mar la que se marca á continuacion.

Ecuador, en la India...............	4800 metros.
Pirineos, zona templada............	2739
Alpes...........id...............	2670
Noruega, estremidad N.............	1050
Polo..........................	0

465. Temperaturas de las aguas. La variacion de temperatura de las aguas en la superficie del globo no es tan grande como la del aire, ni sufre tantas alteraciones á causa de su mucha capacidad calorífica; sin embargo, es muy sensible. La temperatura media de la superficie de los mares en el Ecuador es menor que la de la atmósfera, manteniéndose á 26° próximamente; en los trópicos es igual á la de la atmósfera, y en los polos es mayor la del agua; pero se ha observado que en las zonas templadas, lo mismo que en la tórrida, disminuye la temperatura del agua con la profundidad, llegando á ser constante á 3° próximamente. Los lagos y los rios profundos tienen mas variaciones que los mares en la temperatura de su superficie con respecto á la atmosférica, y en el fondo llegan hasta la temperatura constante de 4° si es suficiente la profundidad.

Las aguas que manan de la tierra por capas no muy profundas suelen tener la temperatura de la capa invariable de esta (446); pero si vienen de capas muy profundas suelen tener temperaturas elevadas, formando las aguas termales; ya hemos dicho cuál es la temperatura del agua que sale de algunos pozos artesianos (197), por ellas se puede formar idea de la profundidad á que saldrán las de una temperatura conocida. En España existen mas de 60 manantiales principales de estas aguas calientes repartidos en toda su estension, que se aprovechan como aguas medicinales; á continuacion ponemos una lista de los mas conocidos y sus temperaturas, tomados de todos los puntos del territorio español.

NOMBRE DE LOS MANANTIALES.	PROVINCIA.	TEMPERATURA REAUMUR.
Caldas de Reyes.......	Pontevedra............	.............37°
Cestona................	Guipúzcoa............	26
Fitero..................	Navarra................	38
Caldas de Estrach.....	Barcelona..............	33
Caldas de Mont-Buy..	Id........................	55
Arnedillo..............	Logroño...............	42
Panticosa..............	Huesca.................	23
Alhama.................	Zaragoza..............	29
Molar..................	Madrid.................	15
Puerto-Llano..........	Ciudad-Real...........	13
Fuen-Caliente.........	Id........................	32
Bellus..................	Valencia...............	20
Archena................	Murcia.................	42
Alhama................	Granada...............	36
Alange.................	Badajoz...............	22
Chiclana...............	Cadiz..................	15
Carratraca.............	Málaga.................	15

466. Vientos. El aire, lo mismo que todos los cuerpos de la naturaleza, se mueve, y su velocidad es la de la tierra; si así no fuera, los cuerpos unidos á ella, moviéndose con su gran velocidad, chocarian con la masa inmovil de la atmósfera y serian destruidos por el choque; y para que nos convenzamos de ello, consideremos que en el huracan que destruye edificios y arranca árboles no tiene el aire mas velocidad que 45 metros por segundo (264), y que el movimiento de la tierra es mas de 10 veces mayor (111): y como el efecto sería igual moviéndose la tierra ó el aire, puede concebirse cuál seria este efecto si la atmósfera estuviese en reposo. Pero el aire puede tener por causas particulares un movimiento diferente del que naturalmente tiene con la tierra, y en este caso se dice que hace *viento*. La causa de este fenómeno es un cambio de temperatura en una parte de la atmósfera, haciéndose en ella mas lijero el aire, lo que produce una corriente ascendente y otras laterales que vienen á reemplazar el vacío que resulta. Los vientos son *periódicos* y *accidentales ó variables*, y tienen unos y otros sus diferentes nombres, que con sus causas probables vamos á examinar.

467. Vientos alísios. Los vientos llamados *alisios* soplan en los grandes mares generalmente del E. al O., estendiéndose desde el Ecuador hasta próxi-

mamente 30° de latitud, tomando la direccion tanto mas paralela al Ecuador cuanto mas cercanos á él se encuentran: como su direccion es la misma que la aparente del sol, se supone que este calienta el aire y produce su movimiento.

468. Vientos monzones. Soplan en direccion del hemisferio mas calentado por el sol, por eso varian en las diferentes épocas del año; tambien son producidos sin duda por el calor del sol.

469. Brisas. Su direccion es del mar á la tierra en las costas durante el dia, y al contrario por la noche. La causa es que la tierra, calentada por el sol, rádia mas calor y enrarece el aire que está en contacto con ella, de modo que este se eleva y viene del mar á reemplazarle: durante la noche por la misma razon la tierra se enfria mas y el aire es mas lijero sobre el mar; de modo que la corriente es hácia él desde la tierra. En la superficie del globo hay muchos accidentes que pueden producir brisas; un lago, una montaña elevada ó un espacio cubierto por una vejetacion lozana, producirán el mismo efecto que hemos dicho resulta del mar, y por esto se forman en algunos puntos brisas de montañas y lagos por las mañanas y las noches.

470. Otros vientos. Hay otros vientos que soplan mas ó menos periódicamente segun la localidad: el *semoun* ó *viento del desierto* de los árabes, el *kampsin* de Egipto, *sirocco* de Italia, *harmaltan* de Guinea y *solano* de España, son vientos cálidos que destruyen la vejetacion y perjudican á la vida animal: sobre todo en los estensos arenales del Africa son terribles por su violencia, y porque arrastran grandes cantidades de arena abrasadora. En los terrenos pantanosos, la temperatura algo elevada produce la putrefaccion de plantas y animales, cuyo resultado es una cantidad de gases deletéreos y restos de los cuerpos en descomposicion que pasan al aire, cargándole de *miasmas* tan perjudiciales á la salud. En algunos puntos estos miasmas exhalados de una localidad son arrastrados por los vientos que soplan en direcciones marcadas, llevando la insalubridad á los lugares mas ó menos próximos: el *aria cativa*, tan funesta para los italianos, es sin duda uno de estos ejemplos; las tercianas y otras enfermedades tan comunes en ciertos lugares, no son mas que resultados de estos miasmas arrastrados por el viento; por eso los muladares, albercas, canales y aguas estancadas, lo mismo que el cultivo de ciertas plantas, entre ellas el arroz, producen tan malos efectos en la salud.

471. Influencia de los vientos en la vejetacion. Los vientos suaves y frecuentes producen un contínuo movimiento en los vejetales, del cual resulta que las fibras de ellos se hacen mas consistentes y gruesas; esto puede ser conveniente en algunos casos, pero en otros es perjudicial: por ejemplo, el lino cultivado en terrenos espuestos al viento saldrá duro y poco suave; los valles resguardados naturalmente del viento, darán linos de buena calidad si las demás circunstancias son convenientes. Cuando el viento es fuerte y constante, dobla los árboles, y los hace echar gruesas raices en opuesta direccion á él. Los vientos débiles son convenientes cuando las plantas están en flor, para esparcir el polen y fecundarlas; pero si el viento es fuerte se pierde este polen y no hay fruto. Tambien arrastra el viento semillas de plantas perjudiciales que deposita en los terrenos donde nacen despues. El aire en movimiento puede venir á sustituir otro aire y perjudicar á las plantas por cambiar la temperatura en mas fria, ó por ser demasiado seco y

llevarse el agua de la tierra, ó tambien por ser demasiado caliente y producir el mismo efecto de secar. Todavía pudieran citarse otros efectos de los vientos.

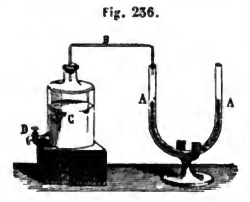
CAPITULO V.

HIGROMETRÍA: METEOROS ACUOSOS.

472. Definicion. Ya hemos visto que un espacio lleno de aire puede contener vapor con una fuerza elástica diferente segun su presion y temperatura (422), y que está el espacio saturado cuando tiene todo el vapor que corresponde á esta presion y temperatura (419); por tanto la atmósfera podrá contener una cantidad de vapor que variará con sus diferentes temperaturas y presiones, y le contendrá en efecto, porque en la superficie del globo hay muchos puntos en donde pueden formarse vapores de agua que pasen á la atmósfera. Pero la cantidad de agua que esta contiene no es generalmente la de saturacion ni tampoco cero, sino una cantidad mayor ó menor entre estos límites, cantidad que constituye su *estado higrométrico:* de modo que se llama estado higrométrico del aire *la relacion entre la cantidad de vapor de agua que contiene y la que contendria si estuviera saturado, ó la relacion entre la fuerza elástica del vapor que contiene y la del que contendria en estado de saturacion.* Se llama *higrometría* la parte de la física que tiene por objeto *determinar la cantidad de vapor de agua que contiene la atmósfera,* y los aparatos para medirla toman en general el nombre de *higrómetros.* Se podrá conocer la cantidad de vapor de agua que hay en la atmósfera fundándose en varios principios distintos, pero no todos pueden en la práctica darnos la misma exactitud ni facilidad en la operacion; por tanto, nos ocuparemos detenidamente de aquellos en que están fundados los aparatos que se emplean para el objeto, dando á conocer estos.

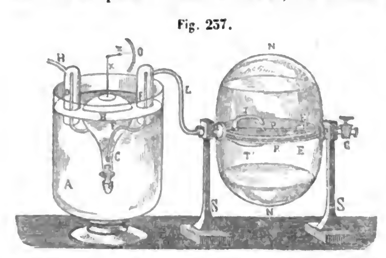
473. Por absorcion. Ya sabemos que hay cuerpos que toman el agua contenida en el aire (434). Supongamos que se hace pasar una cantidad conocida de aire por uno de estos cuerpos, el cloruro de calcio por ejemplo; este cuerpo absorberá toda el agua que contenia el aire, y por la cantidad de esta, el volumen del aire y su temperatura, se deducirá su estado higrométrico. La operacion podrá hacerse del modo siguiente (*fig.* 236). Colocaremos una porcion de cloruro de calcio en un tubo *A* que esté abierto por sus dos estremos, y le pesaremos exactamente: haremos comunicar este tubo *A* por medio de otro *B* con el frasco *C*, cuya capacidad conoceremos con exactitud, el cual tendrá una salida *D* en su parte inferior y estará lleno de un líquido y bien tapado: abriendo la llave *D* el líquido sale, y como solo por el tubo *A* puede entrar el aire, la cantidad que de él habrá pasado por el cloruro de calcio será tanta como entre en el frasco *C*. Cuando este se haya vaciado completamente pesaremos de nuevo el tubo *A*, y la diferencia de peso será la del agua que se ha fijado en el cloruro;

Fig. 236.



de modo que se conoce el peso del agua que ha dejado un volumen de aire igual al frasco *C*, y la temperatura, que nos dará un termómetro en el momento de hacer la operacion; con estos datos tendremos el estado higrométrico de la atmósfera: por ejemplo, supongamos que el aumento de peso que ha tenido el cloruro sea 0g,0064, la temperatura 15° y el aire secado 1 litro, ó lo que es lo mismo, 1 decímetro cúbico; como 1 litro está contenido en el metro 1000 veces, multiplicando la cantidad de agua encontrada por este número, tendremos la que contendria 1 metro cúbico, que será $0,0064 \times 1000 = 6g,4$; pero el aire saturado (422) á la temperatura de 15° contiene 13g, luego el aire observado tenia $6,4:13=0,492$, que es poco diferente de media saturacion. Este método es muy poco usado, por no ser bastante sencillo. Geissler ha presentado en la esposicion universal de París un higrómetro fundado en este principio (*fig.* 237). Se compone de una campana *A* llena de aceite, en la cual está introducida una vasija de cristal *B* que flota en el aceite; esta vasija, perfectamente cerrada y lastrada, contiene en su cuello *C* una porcion de cloruro de calcio en pedazos, y tiene un tubo *D* que entra en una campana, la cual toma aire del esterior por *H;* tiene además la vasija otro tubo *F*, que saliendo desde su parte inferior sigue por el cuello y va á terminar en otra campana que tiene tambien un tubo *L;* este tubo pone el aparato en comunicacion con otro que se compone de una doble campana que forma un espacio cerrado *NN'*, y dividido en dos por un disco que tiene en su centro un tubo que atraviesa el recipiente y le sirve de eje para apoyar en los pies *S;* este tubo comunica con otro *T*, y tiene una abertura *E* que le hace comunicar con el esterior cuando la llave *G* se abre; esta llave se halla dispuesta de modo que vuelta á un lado pone la parte *N* en comunicacion con el esterior, y vuelta al otro, pone la *N':* en el centro del disco *R* hay un orificio abierto, y en la parte superior hay agua; este agua cae al espacio *N'* por *P*, que es bastante pequeño para no permitir que al mismo tiempo entre aire por él, de modo que el aire que está en *N'* va saliendo por *E* al esterior, para lo cual está preparada la llave *G;* el espacio que en *N* deja el agua tiene que llenarse con aire que viene por *H*, *D*, *B*, *F*, *L*, *T*, de modo que el aire tomado del esterior atraviesa el cloruro de calcio colocado en *C* y deja su vapor; pero este vapor aumenta el peso en *B* y se sumerje mas, en cuyo caso el vástago *X* mueve la aguja *Z* que marca en un arco dividido *O* el peso de *C:* cuando ha pasado aire para vaciarse *N*, cuya capacidad se conoce, se sabe el agua que ha dejado por el movimiento de la aguja. Cuando el cloruro tiene mucha agua se muda por la boca de *B*, y para hacer funcionar el recipiente *NN'* no hay mas que darle vuelta sobre su eje, y el agua que pasó abajo quedará encima; el aire viene ahora por *T'* y sale por *E'*, volviendo para ello la llave *G*. Este aparato nos parece injenioso, pero nada podemos decir de su modo de funcionar porque es demasiado nuevo. Se han hecho higrómetros suspendiendo en un estremo de la cruz de una

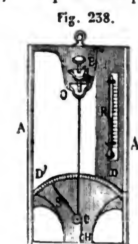
Fig. 237.



balanza un cuerpo de los que absorben la humedad, como esponja ó papel sin cola, poniendo en el otro estremo un contrapeso; tomando agua de la atmósfera el cuerpo higrométrico aumentaba de peso, y cuando se secaba disminuia, marcando el fiel en los dos casos en un arco graduado el estado de la atmósfera. Estos higrómetros, que se han dispuesto de varios modos, no han producido buen efecto.

474. Por la variacion en las dimensiones de ciertos cuerpos. Varios cuerpos de orijen orgánico cambian de dimensiones con la humedad, y de esta propiedad se hace uso para conocer el estado higrométrico de la atmósfera. Saussure, fundado en que los cabellos se alargan con la humedad y se acortan cuando se secan, ha construido un aparato en que las indicaciones se hacen por un cabello, y se conoce por el nombre de higrómetro de cabello. Para construir este higrómetro empezaremos por tomar un cabello largo, que es necesario limpiar, pues si conserva la grasa que en su estado natural contiene es mucho menos higrométrico, y además es facil que se altere esta grasa y le haga romper: para limpiarle se cuece en agua que contenga 1 centésima parte de su peso de carbonato de sosa ú otro álcali cualquiera; así le tendremos dispuesto para construir el higrómetro (*fig.* 238). Se compone este de un cuadro de varillas *A*, en el que se pone una pieza que sostiene el tornillo *B*, á cuyo estremo está sujeta una punta del cabello en una pinza *O* que se aprieta con otro tornillo: en *C* hay una polea en la cual se sujeta el otro estremo del cabello haciéndole arrollar en ella; en direccion contraria se arrolla tambien una seda, de la que pende un pequeño peso *H*; y la polea lleva una aguja *S* fija en su eje que marca en un arco *DD'* diferentes grados: si el cabello se acorta, la polea gira, y con ella la aguja hácia *D'*; si se alarga, el peso *H* hace girar la polea y la aguja hácia *D*, marcándose de este modo diferentes puntos; un termómetro *R* acompaña al aparato. Para graduarle se coloca debajo de una campana con cuerpos que absorban la humedad (434), los cuales secarán completamente el aire al cabo de algun tiempo, y el cabello tomará una longitud correspondiente á cero de humedad, cuya indicacion marcaremos en el punto donde se encuentre el estremo de la aguja; esta indicacion no se logra generalmente sino al cabo de varios dias; en seguida debajo de la campana, en lugar de los cuerpos que absorben la humedad se ponen otros que la produzcan, como paños húmedos ó esponjas, y además se mojan tambien las paredes de la campana; en este caso el cabello se alarga, y cuando la aguja queda fija por bastante tiempo en un punto se marca en él 100°, y en seguida la distancia entre el punto marcado antes y este último se divide en 100 partes iguales que son los grados del higrómetro. Este aparato ofrece varias causas de error: la temperatura hace variar la longitud del cabello, pero es en pequeña cantidad, y por tanto puede despreciarse, mucho mas habiendo observado que, sea cualquiera la temperatura en un aire enteramente seco, marca el higrómetro cero y en aire saturado 100°. Pero los diferentes cabellos no varian lo mismo con igual cantidad de vapor, y además el mismo puede alargarse al cabo de algun tiempo por la traccion contínua que sufre; estas causas de error no pueden evitarse, sobre todo la primera, pues

Fig. 238.



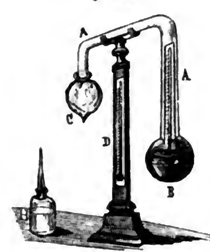
con respecto á la de mayor longitud del cabello podria hacerse una graduacion de tiempo en tiempo, ó acortarle con el tornillo *B* para que sirva la misma si se puede por casualidad lograr. Además se creerá que este aparato marca las centésimas de agua que el aire tiene de la cantidad total que le satura, pero no es así, pues cuando el higrómetro marca 25° deberia el aire tener la cuarta parte del agua que le satura, y no tiene á la temperatura de 10° mas que 0,12 de la cantidad total de saturacion, que es algo menos de la octava parte. Se ha tratado por varios medios de conocer cuál es el estado higrométrico del aire segun las indicaciones del aparato: Gay-Lussac ha empleado el de producir vapores por disoluciones salinas ó ácidas, y medirlos con un higrómetro debajo de una campana; estos vapores tienen mas ó menos fuerza elástica segun las cantidades de ácido ó sal en la disolucion; despues media esta tension haciendo pasar la disolucion á la cámara barométrica, y sabia los grados del higrómetro y la tension del vapor que los producia: de este modo encontró números para la temperatura de 10 grados, que indican la tension del vapor que contiene el aire cuando el higrómetro marca diferentes grados, en centésimas partes del total de saturacion. Los números encontrados son los de la siguiente tabla.

Grados del higrómetro.	Tension del vapor.	Grados del higrometro.	Tension del vapor.	Grados del higrometro.	Tension del vapor.	Grados del higrómetro.	Tension del vapor.
0	0,00	26	12,59	52	29,38	78	58,24
1	0,45	27	13,14	53	30,17	79	59,73
2	0,90	28	13,69	54	30,97	80	61,22
3	1,35	29	14,23	55	31,76	81	62,89
4	1,80	30	14,78	56	32,66	82	64,57
5	2,25	31	15,36	57	33,57	83	66,24
6	2,71	32	15,94	58	34,47	84	67,92
7	3,18	33	16,52	59	35,37	85	69,59
8	3,64	34	17,10	60	36,28	86	71,49
9	4,10	35	17,68	61	37,31	87	73,39
10	4,57	36	18,30	62	38,34	88	75,29
11	5,05	37	18,92	63	39,36	89	77,19
12	5,52	38	19,54	64	40,39	90	79,09
13	6,00	39	20,16	65	41,46	91	81,09
14	6,48	40	20,78	66	42,58	92	83,08
15	6,96	41	21,45	67	43,73	93	85,08
16	7,46	42	22,12	68	44,49	94	87,07
17	7,95	43	22,79	69	46,04	95	89,06
18	8,45	44	23,46	70	47,19	96	91,25
19	8,95	45	24,13	71	48,51	97	93,44
20	9,45	46	24,86	72	49,82	98	95,63
21	9,97	47	25,59	73	51,14	99	97,81
22	10,49	48	26,32	74	52,45	100	100,00
23	11,01	49	27,06	75	53,76		
24	11,53	50	27,79	76	55,25		
25	12,05	51	28,58	77	56,74		

Puede averiguarse el peso de vapor que tiene el aire á otra temperatura que la de la tabla del modo siguiente. Supongamos que el higrómetro marca 70° y el termómetro 20, y queremos saber qué cantidad de agua hay en peso en 1 metro cúbico. En la tabla vemos que corresponde á 70° una saturacion de 47,19; veamos este estado de saturacion á qué tension corresponde á 20°: para ello sabemos que á esta temperatura la tension del vapor es (420) de $17^{mm},391$; luego si 100 partes de vapor que suponemos en la tabla para saturacion completa dan una tension de $17^{mm},391$, las 47,19 partes que tenemos, darán de tension $100:17,391::47,19:x=(47,19\times17,391):100=8^{mm},2$. Se trata ahora de buscar el peso del vapor cuya tension es $8^{mm},2$; supongamos que el vapor cuyo peso vamos á buscar sea aire; en este caso sabemos que 1 metro cúbico de aire con la tension de $0^{m},76$, seco y á cero grados (225), pesa $1^{k},3$; con la tension $8^{mm},2$ su peso (373) será $0^{m}76:1^{k},3::0^{m},0082:x=(0,0082\times1,3):0,76=0^{k},01403$: esto pesará á cero grados; pero á 20° será (372) el peso de 1 metro cúbico $0,01403:(1+0,00366\times20)=0^{k},01307$; este sería el peso del vapor contenido en el metro cúbico de aire si fuera tambien aire: pero como la densidad del vapor (439) es 0,6235, tendremos que si el peso 1 de aire se convierte en 0,6235, los $0^{k},01307$ de aire se convertirán en $1:0,6235::0,01307:x=0,01307\times0,6235=$ $=0,00816=8^{g},16$; este será el peso del agua que contiene 1 metro cúbico de aire á 20° cuando el higrómetro marca 70°, cálculo bastante aproximado y que podremos tomar como exacto: pero 1 metro cúbico de aire á 20° saturado contiene $17^{g},1$ de vapor de agua (422), y aquí nos resultan $8^{g},16$; luego estaria el aire observado algo menos que á media saturacion, como resulta tambien de la tabla. Deluc ha reemplazado el cabello con un liston delgado y estrecho de ballena cortado contra hilo; sus indicaciones no están conformes con el higrómetro de cabello.

475. Higróscopos. Se hacen tambien otros aparatos de diferentes formas, en los que el cuerpo indicador es un pedazo de cuerda de tripa, que cuando toma humedad se destuerce y cuando la deja vuelve á retorcerse; generalmente tiene la forma de una figurilla, y detrás lleva en un tubo pequeño la cuerda sujeta por un estremo; en el otro se fija una parte cualquiera de la figura, por ejemplo uno de los brazos, el cual será movido por las variaciones de la cuerda y podrá indicar humedad ó aire seco. Estos aparatos, que se llaman *higróscopos*, son mas bien juguetes, porque las indicaciones son tardías y poco exactas, y además no tienen graduacion por la que se pueda calcular la cantidad de agua en el aire.


Fig. 239.



476. Higrómetros de condensacion de Daniell. La cantidad de vapor que satura un volumen dado de aire es tanto menor cuanto mas baja es la temperatura (419), por lo tanto, si un aire tiene menos agua que la que corresponde á su temperatura para estar saturado, podrá hacerse que lo esté enfriándole hasta el grado en que el agua que contiene sea la de saturacion. En este principio está fundado el higrómetro de Daniell (*fig.* 239). Se compone de un tubo

de cristal *A* dos veces encorvado, y terminado en *B* por una esfera que suele ser de color oscuro; y en *C* por otra esfera cubierta con un pedazo de gasa. Este aparato está completamente cerrado, pero antes de cerrarle se introduce éter en la esfera *B* y se le hace hervir con el objeto de que su vapor espulse el aire del interior; en este estado, y habiendo introducido un termómetro en *B*, se cierra el aparato y se le suspende en un pie *D* que lleva otro termómetro; para hacer uso de este higrómetro se van echando gotas de éter con el frasquito *H* en la esfera *C*, las cuales mojan la gasa y se evaporan, enfriando esta esfera *C;* pero el vapor de éter que contiene dentro se hace líquido con el enfriamiento y deja un vacío, puesto que en el interior del aparato no hay nada de aire; para llenarle, una parte del éter de la esfera *B* se evapora al instante (419), tomando calor de la misma esfera, que se enfria; el aire esterior en contacto con ella se enfria tambien, y cuando se encuentra bastante fria para bajar la temperatura del aire hasta hacerla algo menor que la que debe tener para estar saturado con el vapor que contiene, empieza este á depositarse sobre la esfera, que como es de color oscuro indica al instante el depósito; entonces se ve la temperatura del termómetro interior de *A* y la del esterior en *D*, y sabemos cuántos grados ha tenido que bajar el aire para estar saturado. Con el objeto de tener mas exacta la temperatura de saturacion, se deja que la esfera *B* vaya calentándose con el aire esterior, y se observa la temperatura del termómetro interior en el momento en que desaparece el depósito de vapor: como esta temperatura será un poco mayor que la de saturacion y la observada antes un poco menor, se tomará la media; por ejemplo, si al empañarse la esfera tiene el termómetro $5°,8$ y al desaparecer el vapor $6°,2$, la temperatura media es $(5,8+6,2):2=6°$; conocida esta temperatura, supongamos que la del termómetro interior sea de 18°, y vamos á ver cuál será el estado de saturacion del aire: el vapor tiene la presion de la atmósfera, y su tension no variará enfriándole hasta saturacion, porque la mezcla de aire y vapor tiene antes y despues de enfriarse la misma presion de la atmósfera; la tension del aire aumenta por disminuir de volumen tanto como disminuye por enfriarse; luego si la tension del aire y la de la mezcla no varian, tampoco puede haber variado la del vapor, y por tanto la tension del vapor en el aire es la correspondiente á la temperatura en que este se encuentra saturado: la tension del vapor (420) á 6° es $6^{mm},998$ y á 18° es $15^{mm},357$, luego si los $15^{mm},357$ es tension de saturacion completa, los $6^{mm},998$ será $6,998:15,357=0,4557$ de saturacion, que es próximamente mitad de tension, ó media saturacion.

477. Higrómetro de Regnault. El higrómetro de Daniell que acabamos de describir (476) tiene algunas causas de error, y es una que el éter de la esfera *B* está mas frio en la superficie que en el centro, pues en esta superficie es donde se hace la evaporacion, y por tanto el termómetro no marcará bien la temperatura de saturacion del aire que rodea la esfera; además puede empañarse con el aliento al aproximarse para hacer funcionar el aparato, ó el mismo aliento variar el estado higrométrico del aire que la rodea. Regnault ha tratado de evitar estas causas de error modificando el aparato del modo siguiente. Un tubo *A* (*figura* 240) está terminado por un pequeño vaso de plata *B*, delgado y de superficie muy pulimentada; este tubo, que es de cristal, contiene éter hasta la mitad, y lleva dentro un termómetro *C* y un tubo *D* que llega hasta cerca del fondo; este

aparato comunica por los tubos *E H* de metal y el elástico *N* con el recipiente *F* lleno de agua; otro tubo *P* semejante al *A*, pero que no comunica con él ni con el recipiente *F*, lleva un termómetro para marcar la temperatura del aire esterior; abriendo la llave *O* del recipiente, el agua se sale y el aire tiene que entrar á reemplazarle; pero como no tiene otra entrada que los tubos *N, H, E, D,* atraviesa el éter produciendo su evaporacion, enfriándose por tanto el tubo *A* que enfria el aire esterior, y se deposita su vapor en el vaso *B* á la temperatura de saturacion; como el aire atraviesa el éter, este tiene una temperatura igual en toda su masa, cuya temperatura se marcará en el termómetro *C*, evitándose el error del higrómetro de Daniell; y además, como funciona solo este aparato, el observador puede mirar con un anteojo desde alguna distancia, y no altera el estado del aire.

Fig. 240.

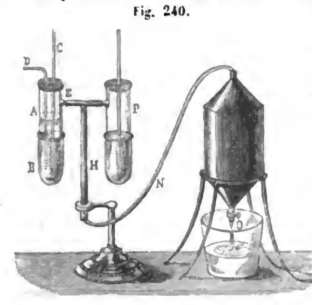
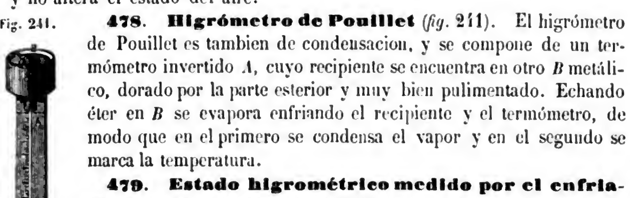


Fig. 241.



478. Higrómetro de Pouillet (*fig.* 241). El higrómetro de Pouillet es tambien de condensacion, y se compone de un termómetro invertido *A*, cuyo recipiente se encuentra en otro *B* metálico, dorado por la parte esterior y muy bien pulimentado. Echando éter en *B* se evapora enfriando el recipiente y el termómetro, de modo que en el primero se condensa el vapor y en el segundo se marca la temperatura.

479. Estado higrométrico medido por el enfriamiento de evaporacion. Cuando un aire no se encuentra saturado puede tomar agua de los cuerpos que la tienen, y esta al evaporarse los quitará calor que hará latente, por cuya razon la temperatura de los cuerpos bajará tanto mas cuanto mayor sea la cantidad de agua evaporada, cantidad que será mayor cuando el aire esté mas seco. Leslie, fundado en este principio, ha hecho observaciones con su termómetro diferencial (355), rodeando una de las esferas con una gasa para mantenerla mojada, y viendo los grados que marcaba despues de un tiempo dado. Se han dispuesto tambien de otra manera estos aparatos llamándolos *psicrómetros*, pudiendo servir como tal el higrómetro de Regnault; pero todavia este medio de conocer el estado higrométrico del aire no ofrece ventajas sobre los otros que dejamos descritos, ni está bien determinada la fórmula para el cálculo.

480. Estado higrométrico medido por la cantidad de agua evaporada. La cantidad de agua evaporada en un tiempo dado será mayor cuanto menos saturado se encuentre el aire, pero no se han hecho aplicaciones de este principio.

481. Estado higrométrico medido por la reduccion de volumen. El volumen á que debe reducirse el aire para quedar saturado tambien puede medir la cantidad de vapor que contenia, pero no se ha aplicado este principio.

482. Cantidad de vapor en la atmósfera. La cantidad de vapor que se encuentra en la atmósfera varía, como es natural, en las diferentes localidades, y en un mismo punto hasta varía de una hora á otra; pero se ha observado que en nuestros climas pocas veces marca el higrómetro de Saussure bajo de 35°, y menos llega á los 100° ni á 0, es decir, á saturacion ni á completa sequedad; siendo lo mas general que marque con pocas diferencias 70°, que es próximamente media saturacion. La atmósfera, segun esto, no tiene en general menos de $^1/_4$ de la cantidad de agua que la satura; su estado mas frecuente es el de contener la mitad, y pocas veces está completamente saturada aun en los tiempos lluviosos. No tenemos datos bastantes para determinar el estado higrométrico de la atmósfera en Madrid, y por tanto presentaremos en la siguiente tabla solo algunos correspondientes á los 12 meses desde diciembre de 1854 á noviembre de 1855, que encontramos en las observaciones meteorológicas hechas en el Observatorio astronómico, y publicadas últimamente. Se supone dividida en 100 partes iguales la saturacion completa.

ESTACION.	MES.	MEDIAS. Mensual.	MEDIAS. De la estacion.	MAXIMA.	DIA.	HORA.	MINIMA.	DIA.	HORA.	OSCILACION MENSUAL.
Invierno...	Diciemb..	77	75	100	21	3 t.	51	2	11 m.	49
	Enero....	83		100	5	11 m.	47	31	3 t.	53
	Febrero..	65		98	3	7 m.	35	15	3 t.	43
Primavera.	Marzo....	63	64	100	14	9 m.	38	30	3 t.	62
	Abril.....	67		99	15	1 t.	36	4	3 t.	63
	Mayo.....	63		98	16	6 m.	43	28	0	55
Verano....	Junio.....	57	52	96	19	7 m.	20	16	3 t.	76
	Julio.....	52		86	4	6 m.	27	15	1 t.	59
	Agosto...	48		95	10	7 m.	25	26	5 t.	70
Otoño......	Setiemb..	56	59	97	9	6 m.	22	3	6 t.	75
	Octubre..	59		96	8	7 m.	23	12	3 t.	73
	Noviemb.	62		98	19	7 m.	22	7	0	76

Segun se ve en la tabla anterior, ha habido saturacion completa durante algunas horas en 3 distintos dias de invierno, observándose los máximos de humedad entre las 6 y las 9 de la mañana; el mínimo ha sido 20 en junio, observándose los mínimos entre las 12 y las 4 de la tarde; la media del año resulta 62; y la diferencia entre la mayor y menor humedad del año es 80.

483. Condensacion de vapores en la atmósfera. Sabemos que la atmósfera contiene vapor de agua en cantidades variables; por lo tanto, si suponemos que se enfria por cualquier causa, la cantidad de vapor que contiene podrá resultar en mayor cantidad que la necesaria para saturarle á la nueva temperatura, en cuyo caso el vapor se condensa presentando el fenómeno de condensarse en estado vesicular (431), y queda equiponderante en la atmósfera, formando una masa visible y opaca. El estado vesicular ofrece particularidades difíciles de esplicar; se supone por unos que las vesículas son gotas que por su peso escesi-

vamente pequeño pueden estar en suspension en la atmósfera como está el polvo y otros cuerpos lijeros, y que la suspension contínua de las masas formadas por estas vesículas es aparente, porque cae con lentitud, disolviéndose su parte inferior en capas de aire mas caliente que encuentra al bajar, pero al mismo tiempo en la parte superior se forma nueva masa que reemplaza la disuelta, y por esta razon parece invariable: otros físicos suponen, y es la hipótesis mas admitida, que las vesículas son huecas, pero segun unos, están llenas de aire y se sostienen, ó porque este es mas dilatado que el esterior, ó por lo que antes hemos dicho; y segun otros están llenas de vapor de agua, y en tal caso se sostienen por ser este mas lijero que el aire (439): en una palabra, no hay todavía una esplicacion satisfactoria del estado vesicular.

484. Niebla. Si la condensacion del vapor se hace en el aire que está en contacto con la tierra, lo que puede suceder por varias causas, la masa de vapor condensado forma lo que se llama *nieblas*.

485. Nubes. Si la condensacion se hace á cierta altura de la superficie de la tierra, la masa de vapor condensado se llama *nube*. A estas se les ha dado diferentes nombres segun su forma y color, y suelen tomarse como pronósticos de varios fenómenos que indicaremos, sin que por eso se crea que los suponemos enteramente exactos. Se llaman *Cirrus* las nubes blancas y pequeñas que presentan el aspecto de gasas ó plumas trasparentes que se encuentran á grande altura: algunos suponen que están formadas de masas de nieve: los marinos las llaman *colas de gato*, y su pronóstico es cambio de tiempo, lluvia en verano y deshielo en invierno. *Cumulus* son las nubes mas bajas que las anteriores, en grandes masas en forma de montañas blancas, á las que llaman los marinos balas de algodon; suelen formarse por la mañana y desaparecer por la tarde; pronostican buen tiempo. *Stratus* son las nubes ó ráfagas largas, mas bajas que las anteriores, que se forman al anochecer y suelen estar á veces coloreadas de rojo por el sol; su pronóstico es vientos. *Nimbus*, son las nubes que cubren una estension cuyo límite á veces no alcanzamos, y que no tienen contornos marcados; su color es gris oscuro, su altura varía bastante, y pronostican lluvia. Estas cuatro clases pueden encontrarse combinadas, y toman los nombres compuestos de ellas: son cumulus-stratus las nubes compuestas de estas dos que suelen convertirse en nimbus y formar lluvias y tempestades, sobre todo si van acompañadas de cirrus. Los cirrus-stratus al ponerse el sol pronostican vientos ó lluvia para el dia siguiente. Los cirrus-cumulus suelen indicar elevacion de temperatura. Las nubes que aparecen á la salida del sol suelen disiparse á media mañana, en cuyo caso sigue buen tiempo durante todo el dia; las que se forman á media mañana se van convirtiendo en nimbus ó en cirrus-stratus, y forman lluvia para toda la tarde. La altura que suponen á los cirrus es de 6 á 7.000 varas, pero Gay-Lussac en su ascension á 7.000 metros las vió todavía á una grande elevacion. Desde una alta montaña se ven tambien nubes mas bajas que su cima, de modo que la altura de estos vapores condensados en la atmósfera es muy variable; sin embargo, suponen algunos que puede fijarse su altura media en 1.500 á 2.000 varas, y otros que el centro de la region en que se forman las nubes se encuentra á 3.600 varas sobre el nivel del mar.

486. Lluvia. Cuando las vesículas que forman las nubes se reunen y constituyen una gota mayor, no puede permanecer en el aire y cae, reuniéndose á su

paso por entre la masa de vapor en donde se han formado, con otras vesículas que aumentan su volumen; si al caer encuentran una region caliente que pueda convertirlas totalmente en vapor, no llegan al suelo; pero si no encuentran esta region, caen hasta él formando la *lluvia*. No nos detendremos á examinar las diferentes opiniones emitidas para esplicar esta reunion de vesículas para formar las gotas de lluvia; ninguna prodriamos presentar satisfactoria.

487. Pluvímetros. Es importante saber la cantidad de lluvia que cae anualmente en un punto dado, y en qué épocas ha caido. El agricultor necesita estos datos para saber si las plantas que cultiva ó aclimata necesitan riego ó podrán vivir sin mas que el de la lluvia; tambien le serán de mucha utilidad unidos á otros para arreglar la época de sembrar, de alternativa de cosechas, y el agua necesaria para el riego; en fin, puede sacar muchos y muy importantes avisos de este dato. Hay un sencillo aparato que puede adquirirse facilmente, para medir el agua que produce la lluvia; se conoce con el nombre de *pluvímetro*, y se compone (*fig.* 242) de un vaso generalmente cilíndrico *A*, pero que puede ser de cualquier forma, de metal ó vidrio para que no deje filtrar el agua; en su parte inferior lleva un orificio del que sale una tubuladura á la que se adapta un tubo *B* de cristal: el vaso debe taparse con otro *C* cuyo fondo tiene la forma de un embudo, y su objeto es evitar la evaporacion del agua que cae en el vaso *A*. Colocado este aparato al aire, el agua que cae en él se eleva en *B* lo mismo que en *A* (193); detrás de este tubo *B* se pone una escala dividida en pulgadas y líneas, ó centímetros y milímetros, ó cualquiera otra division; si al cabo de cierto tiempo nos marca el tubo *B* una altura de 2 centímetros, quiere decir que el agua hubiera formado, caida sobre el suelo, una capa de 2 centímetros de alto, si no se hubiera filtrado y evaporado. Esta es la medida sencilla; pero si queremos saber la cantidad de agua que ha caido para una estension dada, mediríamos la base del pluvímetro; supongamos 1 pie cuadrado: despues echaríamos 1 cuartillo de agua, y marcaríamos dónde llega en el tubo *B*, luego otro cuartillo mas nos daria otro punto, y entre estos dos puntos marcados haríamos subdivisiones que se podrian seguir hácia arriba. Si al cabo de un mes señala el tubo $^1/_2$ cuartillo, diremos que ha caido esta cantidad de agua por pie cuadrado. Otro pluvímetro que han llamado *totalizador* (*fig.* 243), consiste en un cilindro *A* cuya base es conocida, supongamos de 5 decímetros, terminado en un embudo unido á un tubo *B* de la longitud necesaria para llegar á otro tubo *C* graduado, que puede estar en cualquier punto, por ejemplo dentro de una habitacion; este tubo, que es de cristal, comunica con un recipiente *D* por medio de una llave *H* y está cerrado por otra *R*: colocada la parte *A* en el punto donde haya de recojerse el agua cae por el tubo *B* al *C*, que debe estar graduado convenientemente; por ejemplo, si su seccion es 1 decímetro cuadrado, como hemos supuesto que la de *A*, que es la que recoje el agua, tiene 5 decímetres, resultará que en el tubo subirá 5 veces mas que subiria

Fig. 242.

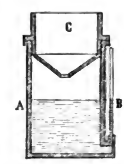
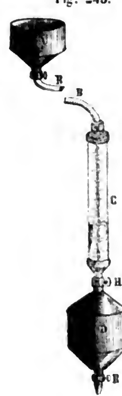
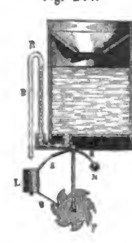


Fig. 243.



si su seccion fuera la de *A*, de modo que para 5 milímetros de altura del tubo tendremos 1 caido en el embudo; cuando el tubo *C* contiene una cantidad de agua, se anota y abre la llave *H* para que caiga al recipiente *D;* otra nueva cantidad recojida y medida en el tubo se hace tambien pasar á *D;* y siguiendo de este modo resultará acumulada en *D* el agua caida en un cierto tiempo: este agua se mide de nuevo y se comprueba con las medidas hechas en el tubo *C*. Otro pluvímetro enteramente moderno es el siguiente (*fig.* 244). Al aparato que hemos dado á conocer (*figura* 242) se le encorva el tubo *B* (*fig.* 244), haciendo de él un sifon *RB* (301); el agua recojida llena el pluvímetro y su altura se mide por la que marca en el tubo; pero cuando el nivel llega á la vuelta ó codo *R* se llena el sifon vaciando completamente el vaso; para saber cuántas veces se ha vaciado hay debajo del sifon un pequeño vaso *L*, que recibe el agua y está sostenido en una palanca *S* con un contrapeso *N;* una pequeña lengüeta *O* engancha en un diente de la rueda *P*, que tiene varios, y están numerados: cuando el vaso se llena con el agua que le cae se hace mas pesado y la lengüeta *O* hace que la rueda *P* avance; el agua se vacia por el fondo de *L* en donde hay un orificio algo menor que la seccion del tubo *B*, para que al caer el agua se llene el vaso á pesar de la que sale: cuando deja de caer agua y el vaso *L* se ha vaciado, vuelve á ser mas ligero, el contrapeso *N* le hace elevar, y la lengüeta viene á enganchar á la rueda *P* en el diente de mas arriba; de modo que para saber el agua que ha caido en un tiempo, que puede ser muy largo, se cuenta por cada diente que ha pasado de la rueda una altura de todo el pluvímetro hasta el punto mas alto *R* del sifon, y á esto se añade la que marque el agua que haya caido desde que se vació la última vez.

Fig. 244.



488. Observaciones con el pluvímetro. Con este aparato deberán hacerse las observaciones anotando en cada mes los dias que ha llovido y la cantidad, si no en cada uno por lo menos en el mes; de aqui resultará el agua que ha caido en cada año, las épocas, estaciones y meses en que ha caido en mayor cantidad, y esto dará las útiles observaciones que hemos dicho. Debe tambien colocarse el pluvímetro en el suelo si es posible, y no en puntos elevados como azoteas y tejados, pues se ha visto que el pluvímetro colocado en el patio del observatorio de París ha indicado 0^m,563, y el colocado en la parte alta del edificio, en las mismas circunstancias, ha dado en el mismo tiempo 0,49551, sin duda porque recojen vapor las gotas de lluvia en su tránsito desde la altura del terrado, que es 28 metros, hasta el suelo del patio: en otros puntos se ha observado tambien diferencia. Muchas circunstancias hacen variar la cantidad de agua que cae en los diferentes puntos; en las estaciones calientes cae de ordinario mas que en las frias, lo que puede tomarse por regla general: en París, término medio, caen en el invierno 0^m,107, en la primavera 0^m,174, en verano 0^m,161 y en otoño 0^m,122; se ve que el invierno es la estacion de menos lluvia: en los paises montuosos llueve mas que en los llanos, en las costas mas que lejos de ellas, y en el Ecuador mas que en los polos, disminuyendo la cantidad entre el primero y el segundo de estos dos puntos; por ejemplo, en la isla de Santo Domingo caen por año 2^m,73, en la Habana 2,32, en la isla de Madera 0,757 y en París 0,564. En Europa llueve mas

de dia que de noche, y en las regiones equinocciales al revés. Influyen además en los diferentes puntos sus circunstancias locales, y tambien suele variar mucho de un año á otro; en París, en 1817, la cantidad de agua caida fue 0^{m},47, y en 1829 fue 0,69. En algunas localidades no llueve casi nunca. Debe estudiarse tambien en cada localidad con qué vientos es mas frecuente la lluvia, y cuándo reinan estos vientos. Debe tenerse presente cómo está repartida la cantidad de agua que cae en todo el año; puede caer en un punto mas agua que en otro, y sin embargo una planta tener bastante riego en el de menos lluvia y no prosperar en el de mas, pues si hay un tiempo en el año en que no llueve, podrá morir por esta causa; además, si las lluvias caen en épocas distintas en cantidad considerable á la vez, no penetrarán en el suelo y serán perdidas; así pues las lluvias repartidas con igualdad en todo el año y en corta cantidad á la vez, serán las mas útiles para la agricultura. La formacion de curvas (461) que indiquen la cantidad de agua caida en una localidad, será el medio mejor para deducir las consecuencias importantes que de este punto pueden sacarse.

Las observaciones hechas en Madrid sobre la cantidad de agua caida han dado los resultados siguientes, que sacamos de la Revista de los Progresos de las Ciencias: las alturas están medidas en milímetros y sus fracciones.

Mes.	1854.	1855.	1856.	1857.
Enero	43,1	33,73	153,16	5,33
Febrero	0,0	124,46	14,48	28,70
Marzo	1,0	17,78	59,66	22,17
Invierno	44,1	175,97	227,30	56,20
Abril	78,74	38,20	39,37	9,68
Mayo	20,3	44,63	8,51	88,65
Junio	58,42	0,76	25,65	10,36
Primavera	157,46	83,59	73,53	108,69
Julio	9,39	1,01	0,0	0,0
Agosto	6,12	20,45	0,0	34,39
Setiembre	30,48	132,76	20,57	13,83
Verano	45,99	154,22	20,57	48,22
Octubre	33,02	137,97	1,27	51,27
Noviembre	16,0	23,876	2,794	108,326
Diciembre	1,9	13,589	10,03	13,682
Otoño	50,92	175,435	14,094	173,278
Total del año	298,47	589,215	105,494	386,388

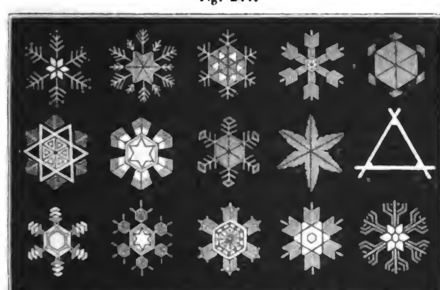
Se ve por los anteriores números que la cantidad de agua caida en Madrid ha sido muy diferente en los cuatro años: que en dos ha caido mas agua en el invierno; en otro ha caido mas en la primavera; y en el último dió mayor cantidad el otoño: por lo tanto no pueden sacarse deducciones generales.

En los diferentes puntos de España que á continuacion se espresan, han caido en el año 1856 las cantidades de agua siguientes, medidas en pulgadas y líneas inglesas.

Mes.	Santiago.	Oviedo.	Santander.	Bilbao.	Vergara.	Barcelona.	Zaragoza.	Soria.	Valladolid.	Sevilla.	Granada.	Malaga.
Enero	17.8	6.3	4.0	1.9	1.8	2.4	2.8	7.5	5.0	15.1	0.0	9.1
Febrero	6.2	3.6	5.0	4.5	4.1	2.6	0.3	0.3	1.9	1.6	1.1	1.4
Marzo	4.2	3.7	1.7	1.4	1.5	6.7	3.3	2.7	3,4	8.0	3.5	3.0
Invierno	28.0	13.4	10.7	7.6	7.2	11.5	6.2	10.3	10.1	24.7	4,6	13.5
Abril	10.9	13.5	6.8	4.8	6.0	2.1	3.9	3.9	7.0	0.4	3.6	1.3
Mayo	6.9	14.5	8.8	6.7	6.7	4.0	0.4	1.2	1.9	Descon.	0.9	0.1/2
Junio	0.4	8.3	6.7	5.3	6.5	6.11	2.0	3.0	0.0	0.1	0.7	0.1
Primavera	17.10	36.1	21.11	16.8	19.0	13.0	6.1	7.11	8.9	»	4,10	1.4 1/2
Julio	1.0	0.9	1.9	0.4	0.2	1.6	1.2	0.2	Desc.	0.0	0.1/2	0.0
Agosto	2.9	1.2	4.4	1.6	0.6	0.0	0.2	0.6	0.0	0.0	0.1/2	0.0
Setiembre	7.3	5.8	9.0	4.3	4.1	9.4	1.7	Desc.	0.6	1.7	3.3	4.3
Verano	11.0	7.7	15.1	6.1	4.9	10.10	2.11	»	»	1.7	3,4	4.3
Octubre	5.5	1.4	3.1	2.6	1.5	6.7	0.7	0.0	1.1	0.0	0.0	0.2
Noviembre	1.7	6.6	9.0	8.4	6.9	1.8	0.2	0.3	0.4	0.1/2	0.1/2	0.7
Diciembre	12.6	13.9	13.0	9.1	11.9	0.2	0.8	0.6	1.5	2.5	1.7	2.2
Otoño	19.6	21.7	25.1	19.11	19.11	8.5	1.5	0.9	2.10	2.5 1/2	1.7 1/2	2.11
Total del año	76.4	78.7	72.8	50.2	50.10	43.8	16.7	»	»	»	14.3 1/2	12.11 1/2
Total en milímetros.	1938,8	1995,9	1845,6	1274,2	1291,0	1109,0	421,1	»	»	»	362,9	328,9

489. Nieve. La nieve es el agua de la lluvia solidificada, ya sea cuando está en el estado vesicular, lo que parece menos probable por la figura de los copos, ó ya cuando ha formado gotas; al encontrarse esta agua á una baja temperatura por enfriarse el punto donde se halla ó por atravesar alguna region fria al caer, se solidifica en forma de agujas que se entrelazan y producen figuras muy variadas de estrellas con seis rádios, aunque no todas llegan enteras, y pueden observarse tomando el copo de nieve encima de un cuerpo negro, sobre todo si se miran con una lente. La *figura* 241 representa algunas formas de entre las muchas que se han observado en los copos de nieve. El color es blanco á causa del aire interpuesto en sus cristales, segun parece. La nieve es en estremo útil á la vejetacion, pues cubre las plantas, evitando el enfriamiento por la radiacion á los espacios planetarios (458), y fundiéndose lentamente se filtra toda el agua que produce, y profundiza mas que la lluvia, que cayendo en cantidad no tiene tanto tiempo de penetrar. En la region de las nieves perpétuas (464) no es siempre la misma nieve la que subsiste, pues el calor de la tierra funde la parte inferior y el del sol y el de los vientos otra superior; pero la nieve que cae en el año es con corta diferencia la que se funde, y por eso es permanente.

Fig. 241.



490. Granizo: piedra. Los copos de nieve comprimidos forman un grano duro que cae atravesando capas de aire caliente sin fundirse á causa de su mucha velocidad y de su mala conductibilidad para el calórico, siendo esta la causa de que puedan caer en verano, como mas generalmente sucede; si estos granos son pequeños forman lo que se llama el *granizo*, y si mayores, la *piedra*. La manera como se forman estos granos tan compactos y á veces de tanto volumen está por esplicar satisfactoriamente: tendremos lugar en otra ocasion de hacernos cargo de alguna teoría inventada para darse cuenta de este fenómeno, pero veremos que no puede satisfacer. De aquí deduciremos tambien, que varios métodos propuestos para evitar la caida del granizo, tan perjudicial siempre, no han sido eficaces, pues las consecuencias de teorías falsas han sido tambien falsas necesariamente.

491. Rocío. Los cuerpos espuestos á la radiacion de los espacios en las noches serenas (458), llegan á enfriarse á veces hasta una temperatura menor que la necesaria para la saturacion del aire atmosférico que los rodea, con la cantidad de agua que contiene; en tal caso este aire, enfriado por su contacto con los cuerpos, deposita sobre ellos el esceso de agua de saturacion en forma de gotas mas ó menos grandes, produciendo el *rocío:* segun esto, se depositará en mayor abundancia sobre los cuerpos que puedan emitir mas cantidad de calor,

porque serán los que mas se enfrien; la yerba, madera y vidrio toman mucho rocío, y la madera en astillas mas que en pedazos mayores; la lana y otros cuerpos semejantes toman mas en rama que tejidos, de modo que el depósito se aumenta dividiendo los cuerpos: los metales toman muy poco; el hierro y zinc toman algo, y si no tienen brillo, algo mas: se deposita en pequeña cantidad en las plantas que están bajo de árboles ó resguardadas. Favorece al rocío un aire húmedo, porque se saturará con menos diferencia de temperatura; tambien el cielo despejado, porque la radiacion será mayor; el aire en movimiento, porque se renueva sobre los cuerpos frios; pero si se mueve con rapidez pasará sobre ellos sin enfriarse bastante para depositar el agua; finalmente, será mayor en las estaciones calientes, porque el aire calentado de dia podrá contener mucho vapor, y al enfriarse de noche le dejará en abundancia: tambien el rocío se deposita en mayor cantidad en las montañas que en los valles. El rocío es favorable á la vejetacion, sobre todo en los paises secos, pues si bien no puede sustituir á la lluvia, es un riego que agradecen las plantas; pero téngase presente que es muy pequeño este riego, pues algunas observaciones hechas en paises donde el rocío es abundante, han dado que la capa de agua depositada en todo el año no pasa de 6 á 7 milímetros de altura.

492. Escarcha. Cuando la temperatura de la atmósfera es bastante baja para conjelar el rocío formado sobre los cuerpos, resulta lo que se llama la *escarcha*.

493. Sereno. El sereno, que tambien suele llamarse *relente*, es una especie de lluvia sumamente sutil que se produce por la noche en tiempo de calor, y la causa es el enfriamiento del aire que abandona parte de su vapor.

494. Helada. La helada no es mas que una temperatura de 0 ó menos, en la atmósfera, que produce la sensacion de frio que esperimentamos y la conjelacion del agua; pero es necesario que para helarse esta en grandes masas, y sobre todo cuando está en movimiento, como en los rios, sea muy baja la temperatura, y continuada por algunos dias, pues la mucha cantidad de calórico que deja al enfriarse es causa de que la atmósfera se caliente y el agua no se conjele; si al cabo llega esto á suceder, el calórico latente que abandona, impide la conjelacion de la mayor parte de ella; por eso necesitan los rios caudalosos una temperatura de 12 á 15° bajo cero para poderse helar, y entonces solo se hielan en la superficie, porque el agua del fondo no se enfria pues no radia su calórico al través de la que se encuentra solidificada. De lo dicho se infiere que no es exacto decir que ha caido una helada, como no lo es tampoco el decir que ha caido rocío y escarcha, pues la esplicacion de estos fenómenos hace ver que no caen, sino que se forman los dos últimos en el punto donde vemos sus efectos, y la helada es solo una baja de temperatura.

495. Humedad en las tierras de labor. Se llama *higroscopicidad* de una tierra *la cantidad* mayor ó menor *de agua que puede retener sin gotear;* y el conocer esta propiedad es muy importante en agricultura. Podrá medirse la higroscopicidad tomando una porcion de la tierra que se trata de estudiar, y secándola á una temperatura de algo mas que 100 grados para que pierda toda el agua que contiene; en seguida se pone en un filtro de papel y se echa agua por encima; cuando deje de gotear se pesa de nuevo, y la diferencia de los dos pesos nos dará el del agua que retiene: de este modo se ha encontrado que 100 partes en peso de tierra seca pueden tomar de 25 á 90 de agua; y es evidente que siendo las demás circuns-

tancias iguales, una tierra muy higroscópica será mejor que otra que lo sea menos, sobre todo en los paises de pocas lluvias; pero tambien las que lo sean mucho no serán á propósito para ciertas plantas. Puede medirse tambien la higroscopicidad tomando la tierra á una profundidad de 1 pie poco mas ó menos, y pesándola en seguida; despues se seca á 100 grados ó algo mas, y se vuelve á pesar; la diferencia de pesos es el de agua que contiene: si despues de tres dias de grandes lluvias no retiene por lo menos la mitad del agua que por el otro método hayamos encontrado, será mala tierra; lo mismo que si en los mayores calores, y despues de varios dias sin lluvia, no tiene de agua 10 partes por 100 de su peso. Se llaman tierras *frescas* las que retienen, término medio, de 15 á 25 por 100 de agua en peso, y son *secas* si no retienen esta cantidad. Las tierras pueden tambien ser mas ó menos propias para atraer la humedad del aire, y esta propiedad se reconoce poniendo en un platillo una porcion de tierra pesada y bien estendida; este platillo se pone encima de otro que contenga agua, y todo se cubre con una campana que entre en el agua: cada 10 ó 12 horas se pesa, y la diferencia de peso nos va indicando el agua que toma. De este modo se ha observado que las tierras absorben la humedad segun su higroscopicidad, es decir, que las mas higroscópicas absorben mas: tambien se ha observado que en circunstancias iguales absorben mas durante la noche que en el dia: una tierra buena de jardin puede tomar en 48 horas hasta 25 partes de agua en peso, pero hay tierras que toman mayor cantidad, y otras muchas que toman menos. Cuando una tierra ha tomado agua podrá retenerla ó secarse con facilidad, y es tambien muy importante estudiar esta propiedad, pues la que se seca con facilidad no será buena, sobre todo si no es de regadío en climas secos; se ha visto que las tierras mas higroscópicas son las que pierden menos el agua, de modo que la higroscopicidad será la medida de la desecacion. Hay que estudiar todavía otra propiedad en las tierras, que es el aumento ó disminucion de volumen que tienen con la humedad, pues si varian mucho, comprimen las raices al dilatarse y no pueden estas tomar los jugos necesarios, y al contraerse rompen las raices, sobre todo de las plantas que las tienen delgadas. Para medir las diferencias de volumen se amasa la tierra que se trata de ensayar con toda el agua que pueda contener, y se forma un prisma; despues se calienta en una estufa hasta la mayor temperatura que haya de sufrir, la cual será conocida por la máxima del termómetro en el punto donde se ha tomado la tierra; medido nuevamente el prisma, conoceremos lo que ha disminuido de volumen: una tierra de jardin á 18° pierde próximamente 15 por 100 de su volumen, y una arcilla 18. No es necesario que insistamos sobre la importancia de conocer en las tierras las propiedades que acabamos de indicar; es evidente que ellas nos harán conocer si cada planta tendrá bastante humedad para prosperar en terrenos de secano, y los riegos que necesitará en regadío, con lo que conocerá cada agricultor las semillas que debe echar en sus tierras: las observaciones con el pluvímetro (488) y áun con el higrómetro (482) le dirán cuándo debe echarlas, uniendo á estas observaciones las del termómetro (460), que le harán conocer si la planta vejetará con actividad: finalmente, la tenacidad de las tierras (152) le indicará el trabajo que tendrá para labrarlas.

CAPITULO III.

COMBUSTIBLES.

196. Condiciones de los combustibles. Muchos son los cuerpos que pueden llamarse combustibles, puesto que son muchos los que al combinarse con el oxígeno desprenden calor y aun luz; pero tratándose de utilizar este calor producido, quedan reducidos á muy pocos. Las condiciones que debe tener un cuerpo para poder ser util como combustible son: que arda facilmente en el aire, produciendo por el acto de su combustion un calor suficiente para seguir ardiendo; que sea abundante ó de bajo precio; y que los productos de la combustion no dañen, ni á los cuerpos que han de recibir su calor, ni á los animales ó vejetales que han de estar bajo su influencia. Estas condiciones las llenan solo los cuerpos en que el carbono y el hidrógeno forman la parte principal, y son los siguientes: *maderas, carbon de madera, carbon de piedra* ó *hulla, carbon de hulla* ó *cok, antracita, lignito, turba, carbon de turba,* y algunos otros, como *casca de teneria* y *estiercol,* pero de poca importancia. Ocupémonos primero de los combustibles en general, y despues los examinaremos en particular.

197. Combustibles en general. El calor de un combustible se disipa por dos causas; la una es por el que abandona al aire que alimenta su combustion y á los gases que de ella se desprenden; la otra es por la radiacion. Conocida la cantidad total de calor que un cuerpo produce, si se sabe el calor que radia facil será conocer el calor que pasa al aire, y vice-versa.

198. Potencia calorífica de los combustibles. Método de Rumfort. El problema mas importante que hay que resolver tratándose de un combustible, es el de averiguar la cantidad de unidades de calor que produce un peso determinado de él, ó sea su *potencia calorífica*. Por varios métodos se ha tratado de resolver este problema, pero todos dejan bastante que desear: empecemos por esplicar el método de Rumfort, modificado en algunos de sus detalles, que es el que ofrece mas exactitud, y no es mas que el método de las mezclas que hemos esplicado detenidamente al determinar el calórico específico de los cuerpos (**401**). Supongamos una caja metálica *A* (*fig.* 245) de bastante capacidad, y en ella otra *B* cerrada escepto por una de sus caras *C*, donde tiene una puertecilla; de la parte superior *N* de esta caja sale un tubo *H* con varias vueltas, y que tiene el estremo fuera de la caja *A*. Introduzcamos una cantidad del combustible que queramos examinar, pesada exactamente, en la caja *C*, y hagamos que arda completamente, habiendo antes echado en la caja *A* una cantidad de agua cuyo peso conoceremos con exactitud; el calor que produzca el combustible pasará al agua, el radiado, por las paredes de la caja *N* y el que lleva el aire, por enfriarse en el tubo *H* antes de salir al esterior: cuando todo el combustible se ha quemado observaremos por me-

Fig. 245.

dio de un termómetro la temperatura que ha tomado el agua; aunque el cálculo es el mismo que en el método de las mezclas, que antes hemos indicado, vamos sin embargo á repetirle aplicado á este caso particular por su importancia. Supongamos que la temperatura que ha ganado el agua sea 4 grados y el peso de ella 15 kil.: habrán pasado al agua $15 \times 4 = 60$ calorías (360); pero la caja tambien ha tomado calor que hay que añadir: suponiéndola de hierro, y que su peso con la segunda caja *B* y el tubo *H* sea $1^k,5$, como la capacidad calorífica (405) del hierro es 0,11379, el calórico que ha tomado la caja, suponiéndola á los mismos 4 grados del agua, es $1,5 \times 0,11379 \times 4 = 6,827$ calorías, que añadidas á las del agua dan $60 + 6,827 = 66,827$ calorías producidas por el combustible empleado. Si suponemos que esta era 12 gramos, tendremos que si 12 gramos dan 66,827 calorías, 1000 gramos, que es 1 kil., darán $12 : 66,827 :: 1000 : x = 5569$ próximamente; es decir, que 1 kil. del combustible empleado produce 5569 calorías, ó que este número es su *potencia calorífica*. Las causas de error en este método son, la pérdida de calor del agua por el contacto del aire, la pérdida de la caja pequeña en contacto por delante con el aire, y el calor que llevan los restos de la combustion al salir del tubo *H*. Para disminuirlas en lo posible procuraremos que el calor del agua sea poco mayor al fin de la operacion que el del aire esterior, aumentando la cantidad de ella, y así habrá menos pérdida; y haciendo un ensayo prévio pondremos el agua de la caja á una temperatura de la mitad de grados menor que los que se ha de calentar (401): haciendo tambien que el agua sea mucha y el tubo *H* largo, podremos lograr que el aire que por él sale haya perdido todo su calor, es decir, que salga á la temperatura del aire esterior, que será la que tenia cuando entró en la caja del combustible.

409. Potencia calorífica determinada por el carbono é hidrógeno. Si se conoce la cantidad de carbono é hidrógeno que contiene un combustible, que son los dos elementos que han de producir la combustion, podremos deducir la potencia calorífica sabiendo la de estos dos cuerpos. En efecto, segun resulta de muchas observaciones sobre la potencia calorífica de los cuerpos y tambien de cálculos hechos con toda la posible exactitud, puede admitirse para los combustibles comunes que la cantidad de calor que producen los compuestos de los dos elementos carbono é hidrógeno es igual á la suma de la que producen estos dos cuerpos; pero se ha de tener presente que parte del hidrógeno se combina con el oxígeno que pueda tener el combustible, y forma agua, y esta parte se supone que no produce calor, por lo que hay que quitarla del hidrógeno que se haya encontrado en el cuerpo: por ejemplo, una antracita de la isla de Cuba ha dado en 100 partes de peso la composicion siguiente.

Carbono	75,85
Hidrógeno	7,25
Oxígeno y azoe	12,96
Cenizas	3,94
	100,00

Para calcular la potencia calorífica de esta antracita, veremos qué cantidad de

hidrógeno tomará el oxígeno que contiene para formar agua; suponiendo que 12,96 es todo oxígeno porque no sabemos qué parte sea la de azoe, esta cantidad la encontraremos sabiendo la composicion del agua en peso (157), y tendremos que si para 88,89 de oxígeno se necesitan 11,11 de hidrógeno, para 12,96 de oxígeno se necesitarán 88,89 : 11,11 : : 12,96 : x=1,62, esta cantidad será el hidrógeno que toman las 12,96 de oxígeno, luego restando de las 7,25 partes que contenia el combustible, quedan 7,25—1,62=5,63 de hidrógeno libre, número que será un poco pequeño por haber contado como oxígeno el azoe, pero que debemos tomar, pues en estas apreciaciones es preferible disminuir los resultados para no engañarnos en la práctica: se ha encontrado por medio del cálculo hecho con la posible exactitud y por esperimentos, que se puede tomar como potencia calorífica del hidrógeno 34742 calorías por kil., y de aquí resultará que si 100 partes de hidrógeno, que supondremos 1^k, darian 34742 calorías, las 5,63 partes ó 0^k,0563 nos darán 100 : 34742 : : 563 : x=1956. Tomando para el carbono 7,200 unidades como potencia calorífica, tendríamos por la misma razon 100 : 7200 : : 75,85 : x=5461, despreciando fracciones; sumando estas dos cantidades de calor tendremos 5461+1956=7417 calorías para potencia calorífica de la antracita en cuestion.

500. Por la reduccion del óxido de plomo. Para ensayar un combustible y deducir su potencia calorífica, se puede emplear otro método que, aunque no exacto, nos dará sin embargo idea de la cantidad de carbon que contiene. Está reducido este ensayo á colocar en un crisol una porcion de combustible, pesada; despues se cubre con litargirio ú óxido de plomo en bastante cantidad, se tapa y se pone al fuego; cuando nos parezca que todo el combustible se ha quemado retiramos el crisol, y despues de frio encontraremos una porcion de plomo que se podrá separar facilmente del litargirio que haya quedado en el crisol: este plomo proviene del óxido reducido, y como sabemos por la química que una cantidad de carbon reduce 34 veces su peso de plomo, no hay mas que pesar el obtenido y partir por 34 para saber el carbon que tenia el combustible. Supongamos que se ponen 10 gramos de madera en un crisol y encima litargirio, y que despues de calentar de modo que toda la madera se queme, resulta un boton de plomo que pesa 136 gramos; tendremos, segun lo dicho, que 136 : 34=4 es la cantidad de gramos de carbon contenidos en los 10 de madera, ó 40 en 100. Para determinar ahora la potencia calorífica, tendríamos que si 1^k de carbon da 7200 unidades, 0,40 darán 1^k : 7200 : : 0,40 : x=2880 unidades de calor, siendo este número la potencia calorífica de la madera ensayada; pero repetimos que no podria tomarse sino como aproximado.

501. Tablas de potencias caloríficas. Se ha determinado la potencia calorífica de diferentes cuerpos empleando los métodos que hemos esplicado, y aun algunos otros; y comparando estos resultados con los que ha dado la práctica, se ha formado la siguiente tabla.

Hidrógeno	34742
Aguarrás	10800
Aceite de olivas	9700
Cera blanca	9700
Sebo	8500

Hulla término medio............	7500
Carbono......................	7200
Carbon de madera.............	7000
Antracita......................	7500
Alcohol..	6800
Hidrógeno bicarbonado..........	6600
Lignito........................	6200
Cok...........................	6200
Carbon de turba...............	5800
Turba seca....................	3800
Turba, 20 por 100 de agua.......	2800
Madera seca...................	3600
Madera, 20 por 100 de agua......	2800
Azufre.......................	2600
Casca de tenería...............	2300

502. Calor radiado por un combustible. Es importante conocer el calor que radia un combustible al quemarse, como tendremos ocasion de ver en muchas aplicaciones; Peclet ha determinado este calor del modo siguiente: supongamos un vaso de hoja de lata anular *A* (*fig.* 246) lleno de agua; en el centro en un cestillo de alambre se coloca una cantidad de combustible cuyo peso será conocido, y se hace arder; el calor radiado le recibe la pared interior del vaso, que estará cubierta de negro de humo, y así le absorberá haciéndole pasar al agua, que se calienta, y se sabe su temperatura por los termómetros *N* de recipiente largo, que dan la media de toda la masa; de ella y del peso deduciremos las calorías que ha recibido el agua; pero es evidente que el calor total radiado por el combustible pasará á la superficie de una esfera *BCHODE*, que supondremos circunscrita á la superficie interior del vaso, y esta no comprende mas que una parte; calculando por tanto cuál es esta parte de la total, tendremos que si en ella se absorbe la cantidad de calor hallada en el agua, en la total se absorberá la cantidad que resulte del cálculo. Habrá que tener en cuenta en esta operacion el calor absorbido por el vaso, como ya hemos hecho en otras análogas (498). Supongamos el vaso de 3 diámetros de altura *BC* y 2 de diámetro *BD*, que son las dimensiones del que ha empleado Peclet; resulta por el cálculo que siendo la superficie de la esfera 6, la correspondiente á la pared interior del vaso con las dimensiones marcadas es 5: en este concepto sean 2 kil. de agua la cantidad contenida en el vaso, y 8 los grados que ha subido; el calor recibido será $2\times8=16$ calorías: sea el vaso de $0^k,3$ de peso y su capacidad calorífica (405) la del hierro; el calórico absorbido por él será $0,3\times8\times0,11379=$ $=0,273$ de unidad, que con las que tenia el agua hacen $16+0,273=16,273$; pero como la superficie que ha recibido calor es solo 5 partes de 6, que es el total de la esfera, tendremos que si 5 partes han recibido 16,273, las 6 recibirán $5:16,273::6:x=$ $=19,544$ unidades de calor; y este será el que hubiera recibido toda la superficie. Supongamos que el combustible fuera 6 gramos de carbon de madera ó sea $0^k,006$

Fig. 246.

si 0^k,006 radia 19,544 unidades, 1^k radiará $0{,}006 : 19{,}544 :: 1 : x = 3257$ unidades: el calor total del carbon es 7.000, luego sería en este caso próximamente la mitad el calor radiado. El método que hemos seguido es como se ve el de las mezclas (401); por lo tanto hemos de tomar todas las precauciones que se han indicado para evitar errores en lo posible. Peclet ha determinado las cantidades de calor radiado por los diferentes combustibles, encontrando las siguientes, suponiendo 1 el calor total que puede dar el combustible.

Madera seca...........................	0,28
Madera 20 p. °/₀ de agua; estado ordinario.	0,25
Carbon de madera.....................	0,50
Turba................................	0,25
Carbon de turba......................	0,50
Hullas, antracitas, lignitos.............	Mas que el carbon de madera.
Cok con 15 p. °/₀ de ceniza.............	Idem, idem.

503. Combustibles en particular. Madera. La madera, segun Payen, está compuesta de un tejido celular á que ha dado el nombre de *celulosa*, compuesto de algo mas que 4 décimas de carbon, y el resto de oxígeno é hidrógeno en las proporciones del agua; en las celdillas de la celulosa se encuentra otra sustancia á la que ha llamado *materia incrustante*, muy varia en su composicion segun las diferentes maderas, pero que en general tiene algo mas de carbono que la celulosa, y una pequeña cantidad de hidrógeno en esceso. Una madera seca de encina del Pardo, cortada de un año, que hemos ensayado, nos ha dado: agua 0,240; carbon 0,385; oxígeno é hidrógeno en las proporciones del agua, 0,353; cenizas 0,022. En una madera de olivo cortada tambien de un año hemos encontrado, agua 0,274; carbon 0,332; oxígeno é hidrógeno en las proporciones del agua 0,37; cenizas 0,024. Estos resultados, bastante conformes con otros que se han hecho de diferentes maderas, dan idea de su composicion como combustibles; pero es evidente que los números son variables en cada madera, y en cada localidad, sin embargo podremos en general decir que una madera no tendrá mas de 40 por 100 de carbon, y generalmente menos; que por seca que se encuentre, contendrá 20 á 25 por 100 de agua; y que la cantidad de ceniza variará mucho, sobre todo en las aplicaciones, pues no es lo mismo ensayar un pequeño pedazo escojido, que tomar grandes cantidades; y como prueba citaremos la encina del Pardo, que ensayada en pequeña cantidad nos dió, como hemos dicho, 0,022 de ceniza, y quemando algunas arrobas resultó 0,053; el olivo dió 0,023, y algunas arrobas, 0,070. Consiste esta diferencia principalmente en la tierra y demás cuerpos estraños unidos á los pedazos grandes. Además, la cantidad de ceniza no es la misma en cada una de las diferentes partes del árbol, pues segun resulta de algunos análisis que citan varios autores, 1000 partes en peso de encina dan: el tronco 2, las ramas mondadas 4, la corteza 60. La cantidad de agua que contiene una madera, si no se conoce puede dar lugar á pérdidas de consideracion; ensayadas algunas, nos han dado:

	RECIEN CORTADA.	SECADA AL AIRE DOS MESES.	ENCERRADA UN AÑO.	ENCERRADA ALGUNOS AÑOS.
Encina del Pardo.	0,37	0,30	0,24	0,22
Fresno............	0,385	0,31	0,275	0,22
Olivo..............	0,41	0,32	0,274	0,236
Pino...............	0,423	0,324	»	0,215

Al tomar una madera debe ensayarse la cantidad de agua que contiene para ponerla precio, pues no ha de pagarse lo mismo la que tenga $^1/_4$ de agua que la que tenga cerca de una mitad; para este ensayo se hace serrin fino una porcion de ella que se pesa con exactitud, y que deberá ser, si es posible, en cantidad algo crecida, siquiera 2 ó 3 onzas; despues se pone en un recipiente cualquiera, si puede ser metálico, y se calienta á una temperatura poco superior á 100 grados; podrá ponerse el recipiente en un baño de aceite ó de agua y sal (428), haciendo hervir en este último caso; cuando el serrin, que se tendrá cuidado de revolver continuamente, no desprende vapores, se pesa de nuevo, y la pérdida será el agua que contiene. La madera húmeda es además de cara, por pagarse el agua al precio de ella, mal combustible, porque para vaporizarse el agua que contiene es necesario que emplee una cantidad grande de calor, que el vapor hará latente, y esta cantidad será perdida para el efecto útil que ha de producir. Resulta de lo dicho, que las maderas recien cortadas serán malos combustibles, pues deben tenerse lo menos un año secando, y deberán cortarse en otoño ó invierno, antes que empiece el movimiento de la sávia: es preferible no encerrarla, sino hacerla pasar el verano al aire para que pierda su agua; y no importa mucho que se moje con la lluvia, pues esto no impide que pierda la humedad que naturalmente tiene.

504. Productos de la combustion de la madera. Haciendo arder la madera al aire, el agua que contiene se evapora, el oxígeno é hidrógeno se combinan y forman agua, y si el hidrógeno está en esceso toma oxígeno del aire y tambien se convierte en agua; el carbono con el oxígeno del aire forma ácido carbónico, gas que se desprende con los vapores de agua, quedando solamente los cuerpos incombustibles no volátiles, que son las cenizas. Si la cantidad de oxígeno ha sido menor que la necesaria para formar estos productos, habrá otros, como el ácido piroleñoso y óxido de carbono, y algunas maderas podrán producir en estado de vapor, ó destilar, resinas, breas, y los productos de ellas. Todos estos resíduos con algunas partes del carbono dividido y arrastrado mecánicamente por los gases, forman lo que se llama el humo. La madera dividida, como ramas ó pedazos pequeños, arde mejor, porque el aire penetra por entre el combustible y da una llama larga, muy util en algunos casos. La madera es un combustible escelente, por producir mucho calor en poco tiempo; pero es necesario grande vigilancia en los hogares, porque arde pronto y hay que renovarla á menudo; los resíduos de su combustion la hacen impropia para algunos usos é industrias. La madera, sea compacta ó floja, da siempre la

misma cantidad de calor en peso igual, si está enteramente seca, ó en el mismo estado de desecacion; por tanto es un error suponer que las maderas flojas, el pino por ejemplo, producen menos calor que la encina: en igual volúmen es así por ser mayor la densidad de la última, pero no en igual peso. La potencia calorífica de la madera queda indicada (501), y tambien el calor que radia (502).

505. Paja y otros combustibles semejantes. La paja, estiercol, yerbas y otros combustibles semejantes, aunque divididos, suelen formar una masa compacta que arde solo en la superficie ó lentamente en el interior, produciendo humo: estos combustibles pueden compararse á las maderas en su composicion y potencia calorífica, pero son malos porque dan mas cenizas, por la vigilancia que necesitan los hogares, el mucho volumen, los productos de su combustion, y por otras varias causas; pero no son enteramente despreciables en la industria, y sobre todo en ciertas localidades, por su bajo precio: podemos citar una máquina de vapor cuya fuerza es de 4 caballos, que sirve de motor en un buen taller de Madrid, y no gasta mas que estiercol como combustible, cuyo precio es muy bajo.

506. Carbon de madera. Haciendo arder la madera de modo que el aire sea solo en pequeña cantidad, el agua, oxígeno é hidrógeno y demás cuerpos volátiles se marchan, y quedan solo el carbono y las cenizas, formando lo que se llama carbon; segun esto, la transformacion de una madera en carbon, ó sea la *carbonizacion*, no es mas que la separacion de los principios volátiles y fijos por medio del calor, el cual es producido por la combustion de una parte de la madera empleada, pudiéndose tambien hacer la misma separacion por medio del calor producido por otro combustible que no sea una parte del que se carboniza, siempre que se disponga la operacion del modo conveniente; examinaremos despues estos dos métodos.

507. Propiedades del carbon. El carbon es un sólido que arde sin llama formando ácido carbónico, que es un gas invisible, ó con una llama azulada si no encuentra bastante oxígeno para arder, que es la del óxido de carbono que forma en este caso: puede tener agua, y tambien algo de hidrógeno, que se convertirá en agua al arder, pero esta formará tambien vapor invisible, y de aquí resulta que los resíduos de la combustion del carbon son gases invisibles, y por esto se dice que no forma humo: estas y otras causas le hacen emplear para muchos usos en que no sirve la leña, y así se esplica el que se fabrique carbon á pesar del gasto que ocasiona en el combustible quemado y en la mano de obra necesaria para la operacion. El buen carbon se conoce por su dureza y sonoridad, no se rompe facilmente, y es brillante en su fractura; si está muy quemado se rompe y hace mucho cisco, es menos compacto, y toma mucha humedad; y si está poco quemado tiene *tizos*, y no se puede usar en ciertas aplicaciones. Las leñas empleadas para el *carboneo* generalmente son las duras ó compactas, como la encina, fresno, roble, haya y olmo; pero en algunas localidades tambien se forma el carbon de maderas ligeras, sobre todo del pino; estas últimas dan carbones esponjosos que arden rápidamente, y por esto no son en general tan buenos como los otros: 1 metro cúbico de carbon de encina pesa 240 á 250 kilógramos, y 1 metro cúbico de carbon de pino pesa 200 á 210; esto indica tambien la ventaja de comprar el carbon al peso, como se hace en España, y no al volumen. Cortada la leña se carboniza en se-

guida ó se deja secar: si lo primero, no da generalmente tanto carbon porque se gasta gran parte en vaporizar la mucha agua que contiene, de modo que es preferible lo segundo, á pesar de que el capital debe estar mas tiempo empleado, pero el mayor rendimiento compensa con ganancia: en España, sin embargo, es lo general cortar cuando se va á carbonizar. Los troncos delgados son los que dan el carbon llamado de canutillo, que es el preferido por su buena carbonizacion y admitir menos cuerpos estraños á causa de su forma; los carbones llamados de *arranque*, que son los de raices y aun de troncos gruesos, suelen tener mas tierra, y no son tan estimados; los de rama menuda producen el carbon que se llama generalmente *cisco de tahona*, que es resíduo de otras fabricaciones y no se prepara directamente.

508. Carbonizacion en pilas. La carbonizacion de la madera haciendo arder una parte de ella para carbonizar el resto se ejecuta en el monte mismo, pues el trasporte del carbon es mas económico que el de la leña que le produce, por su peso menor. En un terreno llano é igualado al efecto, y despejado de leñas que puedan arder, se forma una pila de la que se ha de carbonizar; pero de la formacion de esta pila depende mucho el buen éxito de la operacion. Igualado el suelo se pone sobre él una capa circular de leña gruesa, de modo que los maderos estén colocados desde el centro afuera; en medio se coloca vertical un tronco grueso, y al rededor de él se van colocando tambien verticalmente las leñas cortadas iguales y bien juntas; si las leñas no son rectas se acomodan mejor echadas horizontalmente siempre en direccion del centro afuera: de una manera ó de otra se pone la leña gruesa debajo, y así la pila es mas estrecha en la parte superior; si se quiere mas alta se pone otro leño sobre el del centro, y se continúa del mismo modo. El tamaño de estas pilas es muy variable, pero en las pequeñas se conduce mejor la operacion, y en las grandes hay un poco mas de rendimiento. Ya concluida la pila se cubre por la parte esterior con tierra húmeda ó con la tierra mezclada de cisco de otra operacion, y si es poco arcillosa se toma en *mantas* de la superficie del terreno con la yerba que contiene; al cubrir la pila hay que dejar algunas entradas para el aire, sobre todo hácia la base: en este estado se saca el leño del centro y se echa leña menuda, á la que se prende fuego; este toma aire de las entradas de la base por entre los maderos que forman la pila, y á poco tiempo empieza á propagarse la combustion desde el centro, en cuyo caso se va tapando con tierra este centro y las aberturas mas cercanas á él, cubriendo despues las inmediatas á estas y así sucesivamente para que vaya ardiendo la pila por igual en toda su estension; si se ve que arde mas de un lado que de otro se echa tierra sobre el punto que da mas humo. Esta operacion, que dura algunos dias, exije la mayor vigilancia, pues los resultados dependen de ella; por tanto es necesario práctica para conducirla bien, pues descuidada podia dar por resultado un monton de ceniza. Si hay viento, suele encenderse mas en el lado por donde viene, y la carbonizacion no se puede llevar por igual habiendo á veces grandes pérdidas; por eso debe elegirse un terreno resguardado, si es posible, para formar la pila. Hemos visto en algunos puntos colocar pantallas de tablas por el lado del viento para evitar en parte sus efectos. Cuando la tierra del esterior está hecha brasa y no sale humo de la pila, se cubre con nueva tierra hasta que se logra apagarla, en cuyo caso está concluida la operacion. El carbon en este estado no tiene agua, pero bien pronto la toma del aire, y así des-

pues de algun tiempo la tiene en cantidades variables segun las circunstancias, pero que pueden ser entre 2 y 12 por 100 en peso. Una operacion bien dirigida produce 17 á 18 por 100 de carbon en peso de la leña empleada: algunos fabricantes dicen que se obtiene el 25, porque cuentan 1 arroba de carbon por cada 4 de leña; pero los mejores métodos, como veremos á continuacion, no producen tanta cantidad de carbon, mucho menos siendo leñas recien cortadas; la poca exactitud en medir la leña empleada, el dejar al raso el carbon despues de fabricado, que toma agua en bastante cantidad, y la piedra y tierra que se recojen con el carbon, deben ser la causa de que se cuente este rendimiento, que no puede resultar de carbon puro.

509. Pilas de fabricacion contínua. De otro modo se hace tambien la carbonizacion en pilas, y es preferible cuando no hay un lugar bastante resguardado del viento: consiste en hacer las pilas rectangulares en vez de circulares, dándoles 2 ó 3 varas de ancho y 12 ó mas de largo. Si la madera es resinosa es conveniente disponerla en un terreno algo inclinado; la leña se apila tendida mas bien que de punta, empezando por una altura de 1 vara y acabando en 2 ó 3 segun la longitud, de modo que formará un plano inclinado por la parte superior; despues se clavan estacas al rededor de la pila y se meten tabletas formando una caja, dejando entre ellas y la leña un hueco para echar tierra, que se apelmaza bien: poniendo encima otra capa de tierra que esté muy apisonada queda la leña perfectamente cubierta; preparada la pila de este modo se abre una especie de hogar en la parte mas baja de ella, y se hacen dos ó tres aberturas en la cubierta de tierra y á la distancia de 1 ó 2 varas; cuando ha empezado á arder se tapa el hornillo y se ve salir humo negro por las aberturas, que despues se va haciendo blanco, en cuyo caso se tapan estas salidas y se hacen otras mas adelante, siguiendo del mismo modo hasta el fin de la pila, de manera que la carbonizacion se va haciendo sucesivamente, y cuando llega á 4 ó 5 varas del principio puede sacarse el carbon ya fabricado al empezar, y tambien se puede estar sacando carbon de un estremo y formando la pila en el otro, por lo que la fabricacion será contínua para mucha cantidad de leña. La cubierta preserva del aire; por eso este método, que en igualdad de circunstancias produce un poco menos carbon, puede ser preferible cuando no hay un punto abrigado para hacer la pila; además es mas económico en mano de obra. La cubierta debe regarse para que las tablas no se quemen, y servirán varias veces. En todas las pilas ha producido buen resultado colocar entre las capas de leña, cisco de otra fabricacion ó ramage inútil, que nada vale, y sirve de combustible para hacer carbonizar la leña, gastándose esta menos.

510. Maderas resinosas. En Francia en algunas localidades y particularmente en las Landas, donde hacen carbon de pinos muy resinosos, forman la pila sobre un espacio preparado para recojer las breas. Se compone de una era algo cónica *A* (*figura* 247), que tiene en su centro un pequeño espacio *B* del cual sale un conducto que comunica con un foso *D*, en donde se reunen las resinas destiladas por las maderas; formada la pila encima de la era *A*, sobre la que se suelen colocar algunas barras de hierro para

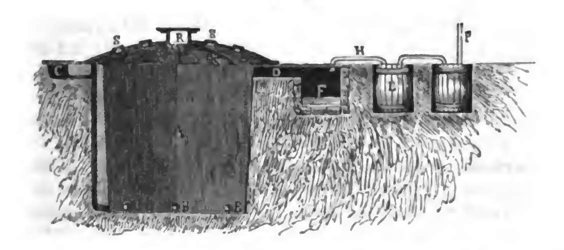
Fig. 247.



que corra mejor la resina por debajo, podrá recojerse esta, y es un producto mas, cuyo coste puede decirse que es nulo, pues una vez preparada la era de piedra ó ladrillo dura mucho tiempo.

511. Carbonizacion en espacios cerrados. Entre los productos de la combustion de la madera cuando le falta aire, es uno, compuesto de hidrógeno, carbono y oxígeno, el ácido piroleñoso (504), ó vinagre de madera, el cual puede sustituir al vinagre en muchas industrias, por lo que se fabrica espresamente del modo que despues diremos, sin que en este caso se tenga cuenta del carbon producido mas que como un producto secundario; pero cuando el carbon es el principal producto, es decir, en la fabricacion de este, se pierde el ácido por el método que hemos espuesto de carbonizacion en pilas, ó se recoje en parte empleando otros medios que, si bien dan este producto mas, son embarazosos para los obreros no acostumbrados, y á veces no es posible preparar lo necesario en el punto donde se ha de carbonizar: por eso es poco empleado el método de carbonizacion recojiendo los productos de la combustion, pero sin embargo daremos una idea de él, porque puede ser útil en algunos casos, describiendo, de entre los varios aparatos que se han empleado, uno que es de los que mejores resultados han producido, y es facil de construir. Se compone de un pozo algo cónico *A* (*fig.* 248) formado en un terreno arcilloso ó duro, y así no necesita revestimiento; sus dimensiones pueden ser 10 ó 12 pies de profundidad, 13 ó 14 de diámetro en la parte superior y 10 ó 12 en la inferior; al rededor de este pozo se co-

Fig. 248.



locan tubos *B* introducidos en la tierra y que llegan hasta el fondo, los cuales en la parte superior comunican con unas aberturas *C* hechas en la misma tierra; á un lado se hace el canal *D* cerrado con una plancha de hierro ó piedra, el cual terminará en el recipiente *F* abierto en la misma tierra, que debe estar revestido; este recipiente comunica por el tubo *H* con el tonel *L*, y este tonel con otros del mismo modo, siendo varios los que pueden colocarse, y dentro ó fuera de la tierra, segun se crea mas conveniente. El pozo *A* se tapa con una cubierta de hierro *N*, la cual tiene una abertura *R* en el centro y otras pequeñas *S* repetidas en su superficie, con tapas que puedan abrirse facilmente. La leña que se ha de carbonizar se coloca en *A* vertical ú horizontal segun se acomode mejor por su forma, pero se cuida de dejar en el centro un espacio como hemos dicho en las pilas (508); colocada la leña se echa fuego en este espacio del centro, se tapa con la cubierta *N* y se tienen abiertos los agujeros *S* y *R*: el aire que se eleva sale por *S* y *R* y es llamado por *C* y *B*

á la parte inferior de la leña, de modo que pronto empieza á salir humo y entonces se tapa *R;* la combustion sigue, y cuando sale mucho humo por las aberturas *S* se tapan todas, ó por lo menos aquellas por donde sale mas, hasta que arda la pila por igual; cerradas todas las aberturas *S*, los restos de la combustion tienen solo la salida *D*, y depositan las breas como menos volátiles en *F;* el ácido y los demás gases pasan á los toneles *L* donde quedan condensados, y los gases no condensables salen del último tonel por un tubo *P;* despues que la carbonizacion está concluida, lo que se conoce viendo si la leña ha bajado por igual, y si no sale humo por el tubo *P*, se abren todos los orificios *S* para que salgan los gases que hay retenidos bajo la cubierta, los que hacen rojizo el carbon, y cuando se ve que la superficie de este se ha hecho ascua se tapan las entradas *C* por medio de planchas de hierro ó piedras y el carbon se apaga. Damos á continuacion las dimensiones de uno de estos pozos que hemos tenido ocasion de examinar.

Profundidad		3 m.	11 pies próximamente.
Diámetro superior		3,50	12 ½ pies.
Diámetro inferior		3	11
Tubos *B*	Su diámetro	0,04	20 líneas.
	Su número	7	
Abertura *R*, su diámetro		0,3	1 pie.
Aberturas *S*, su diámetro		0,05	
Diámetro del canal *D*		0,3	
Carbon producido			20 por 100 en peso.
Líquidos ó ácido sin purificar			18 por 100 en peso.
Duracion de la operacion		Carbonizar	2 ½ á 3 dias.
		Apagar	3 á 4 dias.

Para las maderas resinosas puede añadirse á este aparato un fondo como en la *figura* 247, y se recojerán las resinas al principio de la operacion.

512. Carbon, residuo de ácido piroleñoso. En la fabricacion del ácido piroleñoso se emplean cilindros cerrados ú otros recipientes semejantes para destilar la madera, resultando carbon que, si bien no es de tan buena calidad como el fabricado por otros medios, es sin embargo un buen combustible.

513. Carbon rojo. En algunos puntos de Francia han empleado para la fabricacion del hierro un combustible que han llamado madera tostada ó carbon *roux*, y que nosotros llamaremos carbon rojo, porque su color es rojo oscuro; este carbon ha producido muy buenos resultados. Se fabrica haciendo que los gases perdidos de los altos hornos pasen calientes por la madera, poniendo esta, por ejemplo, en cajas de hierro al rededor de las cuales pasa el gas caliente, ó tambien colocando la madera sobre carretones de hierro en conductos por donde se hacen pasar los gases. La madera debe perder el 40 ó 50 por 100 de su peso para trasformarse en este carbon; y como el trasporte del peso total se paga hasta la fábrica, resulta que la economía que proporciona este combustible queda compensada con el gasto de trasporte y fabricacion, por cuya razon produce pocas veces ventaja positiva el emplearle. La potencia calorífica del carbon queda indicada (501), lo mismo que la cantidad de calor que radia (502).

514. Hullas. Se da el nombre de *hulla ó carbon de piedra* á un combustible de origen sin duda ninguna vejetal, pero que se encuentra formando capas á veces de grande estension y grueso en los terrenos que llaman la formacion carbonífera en la parte superior de los de transicion; á la porcion de estos terrenos que contienen la hulla, suelen tambien designarlos con el nombre de terrenos de hulla, pues encima y debajo se encuentran otros combustibles de diferentes propiedades. Las hullas carbonizadas producen el combustible llamado cok. La hulla arde dificilmente si se encuentra en pequeña cantidad, y es necesario que el aire tenga facil acceso para que no se apague.

515. Diferentes clases de hullas. La hulla es el combustible mas precioso en la industria por su riqueza en carbon y el bajo precio á que puede obtenerse en las localidades donde se esplota; pero no tiene siempre las mismas propiedades, y por eso se escoje la mas á propósito, si es posible, para cada uso particular. Se dividen generalmente en 5 clases.

1.ª *clase. Hullas grasas.* Estas al arder forman como una pasta y producen cok muy esponjoso, y no de muy buena calidad; quemadas sobre rejilla se adhieren á ella y la obstruyen si no se tiene mucha vigilancia, destruyendo tambien los hierros de ella: producen un escesivo calor, y por esto son escelentes para fraguas y hornos de reverbero; tienen un aspecto graso particular.

2.ª *clase. Hullas grasas de llama larga.* Estas hullas no se hacen apenas pastosas, y producen un cok que no es tan esponjoso, pero sin embargo es de mala calidad; arden bien en rejilla, y por su llama larga son muy buenas en varias industrias, y tambien son las mejores para la fabricacion del gas de alumbrar; su aspecto es bastante semejante al de las anteriores.

3.ª *clase. Hullas grasas duras.* Las hullas de esta clase no funden mucho al arder y producen un cok poco esponjoso y bastante denso, que se emplea muy ventajosamente en las operaciones metalúrjicas. Son estas hullas las mejores bajo todos conceptos para fabricar el cok.

4.ª *clase. Hullas secas de llama larga.* Arden con llama en el primer momento y dan un cok que se rompe facilmente; no producen tanto calor como las anteriores, y por eso no son buenas para operaciones metalúrjicas, pero lo son en otras operaciones que no necesitan una temperatura tan elevada, por ejemplo para producir vapor.

5.ª *clase. Hullas secas sin llama.* Arden con dificultad y dan un cok enteramente pulverulento; pueden emplearse á pesar de sus malas cualidades en algunas fabricaciones semejantes á la coccion de cal ó ladrillo: tambien se emplean en Inglaterra para las chimeneas domésticas por su bajo precio.

516. Composicion de las hullas. La composicion de la hulla, segun el resultado de muchos análisis, es bastante variable en la cantidad de sus componentes; pero todas tienen carbono, hidrógeno, azoe y agua, ó bien oxigeno ó hidrógeno en las proporciones del agua; además contienen otros cuerpos no combustibles que constituyen la ceniza.

La tabla siguiente presenta la composicion de las cinco clases de hullas, habiendo tomado el mayor y menor número de los que han dado muchos análisis y esperimentos: se suponen estos números, resultado de 100 partes analizadas.

	DENSIDAD.	PESO DEL COK PRODUCIDO POR 100.	CARBONO.	HIDROGENO TOTAL.	HIDROGENO LIBRE.	OXIGENO.	AZOE.	CENIZA.	POTENCIA CALORIFICA.
Hullas grasas............	De 1,28 á 1,31	66 á 68,5	87,4 á 88	4,84 á 5,26	4 á 4,5	3,4 á 4,4	1,5 á 2	1,44 á 1,8	7430 á 7920
Grasas de llama larga..	1,27 1,36	53 67,5	81 85	4,98 5,67	3,55 4,70	4,5 10,3	1,5 2	0,5 5,54	7160 7850
Grasas duras.............	1,30 1,33	73 76,3	87,8 89,3	4,84 4,90	4,22 4,30	2,3 4,5	1,5 2	1,4 3	7790 7890
Secas de llama larga.....	1,32 1,37	54,5 55	76,3 76,6	5,08 5,24	3,06 3,10	13,5 14,6	1,5 2	2,2 2,5	6550 6690
Secas sin llama..........	1,36 1,45	51 51,5	63 63,4	4,30 4,38	2,71 2,78	17 17,7	1,5 2	19 19,5	5290 5590

Las hullas suelen contener á veces azufre, generalmente en pirita de hierro, y en este caso no son buenas especialmente en metalurgia, porque trasladan su azufre á los metales y resultan estos agrios y de mala calidad; empleadas para calentar calderas ó vasos metálicos, tambien los atacan y destruyen pronto; al esplotar estas hullas el sulfuro se cambia en sulfato de hierro al contacto del aire húmedo, y se desmorona reduciéndose á cisco, produciendo un calor que á veces puede ser suficiente para encender la hulla.

517. Hullas estranjeras. Inglaterra y Bélgica son los paises en que hasta el dia se ha encontrado mas estension de terrenos de carbon esplotable relativamente á su superficie. En Inglaterra se calcula como carbonífera la vigésima parte de su estension; los Estados-Unidos tienen mucho carbon en capas de gran potencia y fáciles de esplotar. Se encuentran hullas en todas las latitudes, lo mismo hácia los polos que en el Ecuador, pero no se han encontrado en Suecia, Noruega, Italia, Grecia y mucha parte del territorio ruso. Inglaterra esplota en el dia mas de 500 millones de quintales españoles de hulla y consume 400, esportando los 100 restantes; la Bélgica esplota mas de 65 millones: la Francia 9, y consume sobre 130, haciendo una importacion de 40 millones próximamente y una esportacion de 1 millon.

518. Hullas españolas. En muchos puntos de España se han encontrado criaderos de gran estension que dan escelentes carbones. El punto mas importante en el dia es *Asturias*, en donde se encuentran en una estension de 12 á 13 leguas de longitud por mas de 6 de ancho, si bien las capas están interrumpidas en varios puntos; el número de estas es grande, y algunas de bastante potencia; los puntos notables son los concejos de Langreo, Siero, Mieres, Lena, Tudela, Llanera y Avilés. Se esplota para el consumo del pais, esportándose además una cantidad que pasa de 2 millones de quintales al año; cuesta próximamente 1 real á la boca de la mina, pero en algunos puntos, como Mieres, sale escasamente á 16 mrs. el gasto de esplotacion por quintal. En *Cataluña* se encuentra en la cuenca de San Juan de las Abadesas, en una estension de 4 leguas que sigue despues hasta Francia en otra estension igual, pero poco estudiada, desarrollándose de nuevo junto al pueblo francés llamado la Manera, en cuyo punto se esplota. En San Juan se han descubierto hasta unas 8 capas, cuyas potencias son desde 1 metro á 18; en el Pla den Dolce es de 17 metros. El criadero se encuentra á la margen derecha del rio Ter, á una distancia de 12 ó 15 horas del puerto de Rosas y 22 de Barcelona; los puntos notables son Mare de Deu, Juncá, Pinté, Covas, Pla den Dolce y Gallina. Se emplea en las industrias del pais, pero la esplotacion es todavía reducida y cuesta en la mina 3 á $3^{1}/_{2}$ rs. quintal, aunque pudiera esplotarse á menos precio: esta es la causa de que en la industria catalana se consuman muchos miles de quintales de hullas inglesas, á pesar de tener en el mismo territorio tan buenos criaderos. En la provincia de *Córdoba* están los criaderos de Espiel y Belmez en una estension de 14 leguas, y á 6 de Córdoba, produciendo ricos carbones que se consumen en Jaen, Linares, Almaden y algunos otros puntos; en la mina puede darse á 2 reales quintal, y en Madrid, á donde se ha conducido alguna cantidad, sale de 24 á 28 reales. En *Palencia* están los criaderos de Orbó en una estension de 20 leguas, pero muy interrumpidos; produce escelentes carbones que se consumen en Valladolid, Madrid y algun otro punto, pero se esplota poco á causa de la falta de medios fáciles para el trasporte; en la mina cuesta 1 real quintal poco mas ó menos, y en Madrid,

término medio, á 20 reales. En *Leon* están los criaderos de Sabero, en una cuenca de 4 leguas que produce escelentes carbones pero que se esplotan poco, pues su mayor consumo es para la fábrica de la sociedad Palentina-Leonesa. En *Santander* tambien se encuentran los escelentes carbones de Reinosa, que se esplotan para el consumo de alguna fábrica, y se trasporta algo á Madrid, donde ha costado de 19 á 22 rs. quintal. En la provincia de *Sevilla* se encuentra la cuenca de Villanueva á 4 leguas de Sevilla en la ribera del Guadiato, que en una estension de $^1/_2$ legua produce carbones muy bituminosos que se emplean en Sevilla para alguna fábrica y para la navegacion. En la provincia de *Cuenca*, en Hinarejos, se encuentran tambien hullas, pero no se esplotan por no tener consumo. En *Vizcaya* hay carbones, aunque en pequeña cantidad. Pudiéramos citar todavía muchos puntos donde se encuentran hullas, pero los criaderos son pobres ó no se esplotan, y por tanto no tienen importancia. Tampoco es posible clasificar las hullas de los criaderos que hemos citado, pues en muchos de ellos se encuentran hullas de todas clases, lo que no es de estrañar teniendo en cuenta su mucha estension y las diferentes capas en que se hallan por lo general; pero podremos decir sin temor de equivocarnos, que en España se pueden tener carbones tan buenos como en otros paises, y de facil esplotacion: como el trasporte hace subir mucho su precio en los puntos que debieran ser los centros de la industria, y como el consumo es poco por esta razon, las esplotaciones se hacen en muy pequeña escala en la mayor parte de los criaderos, y esto tambien aumenta el precio. Presentamos á continuacion los resultados que hemos obtenido en muestras de diferentes criaderos, pero es evidente que no bastarán para formar una idea exacta de las hullas que estos producen, puesto que, como hemos dicho, varian las calidades en una misma esplotacion á cada punto; las observaciones por tanto se refieren á los ejemplares que nos hemos procurado, de los cuales debemos bastantes á la complacencia de algunos de nuestros buenos amigos, lo mismo que varias noticias interesantes sobre este particular.

En la siguiente tabla, las cantidades de cok, gases y cenizas, son en peso por 100, y la potencia calorífica se ha determinado por la reduccion del óxido de plomo (500).

Nombre de la localidad.	Provincia.	Peso específico.	Cok producido.	Gases volatilizados.	Cenizas.	Potencia calorífica	OBSERVACIONES.
Langreo	Asturias	1,2483	70	30	6,2	6387	Laminosa brillante, algo fragil, 4.ª clase.
Mieres	Asturias	1,2321	64	36	5	7072	Laminosa compacta, 2.ª clase.
Avilés	Asturias	1,3072	67	33	6	7103	Bastante grasa, cok esponjoso, casi 1.ª clase.
Mare de Deu	Gerona	1,2735	72	28	4,3	7040	Bituminosa, buen cok, 3.ª clase.
Juncá	Gerona	1,3172	78	22	4	6967	Compacta brillante, 4.ª clase.
Pinté	Gerona	1,2965	73	27	6,5	6802	Bituminosa, buen cok, 3.ª clase.
Covas	Gerona	1,3476	70	30	7,2	5841	Compacta, algo piritosa, casi 5.ª clase.
Pla den Dolce	Gerona	1,5637	64	36	13,5	5256	Compacta piritosa, 5.ª clase.
Gallina	Gerona	1,4275	69	31	9	5268	Bituminosa algo piritosa, 2.ª clase.
Espiel	Córdoba	1,3256	68	32	4,3	7328	Compacta laminosa, 2.ª clase.
Orbó	Palencia	1,2727	65	35	5,6	6897	Compacta dura, 2.ª clase.
Sabero	Leon	1,2738	67	33	6,2	6902	Compacta brillante, 2.ª clase.
Reinosa	Santander	1,3019	62	38	4,3	7005	Laminosa fragil, buen cok, 3.ª clase.
Villanueva del Rio.	Sevilla	1,2708	65	35	6,7	6798	Muy bituminosa, 2.ª clase.
Hinarejos	Cuenca	1,3857	62	38	7,3	6683	Compacta laminosa, 4.ª clase.
Vizcaya	»	1,3148	63	37	5,1	6582	Escamosa brillante, dura, 4.ª clase.

519. Potencia calorífica de la hulla. Para buscar la potencia calorífica de la hulla no se puede emplear el método del calorímetro de Rumfort (498), porque no es posible hacer arder este combustible en pequeña cantidad; es necesario recurrir á su composicion (499), lo que exije un análisis detenido, ó emplear el método de la reduccion del óxido de plomo (500), aunque no es muy exacto; este hemos empleado por mas sencillo en los números que hemos dado, pero el mejor modo de apreciar la potencia calorífica de una hulla será estudiar el efecto producido en las aplicaciones. Como resultado de los métodos indicados y de observaciones, hemos dado (501) el número 7500, que es el que se toma generalmente en los cálculos; sin embargo, deberá disminuirse para hullas que no sean grasas de buena calidad.

520. Calor radiado por la hulla. No ha sido tampoco posible quemar la hulla en el aparato de Peclet (502) para determinar el calor radiado, pero segun esperimentos directos se ha visto que puede tomarse un número algo mayor que el del carbon; sin embargo, como no está determinado exactamente tomaremos siempre que sea necesario la mitad del calor producido, lo mismo que para el carbon de madera.

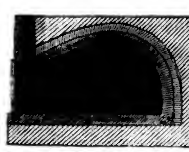
521. Cok. Ya hemos dicho que el cok es un combustible que resulta de la carbonizacion de la hulla (514), ó lo que es lo mismo, de quitarla por medio de la calcinacion todos sus principios volátiles como se quitan á la madera para formar el carbon. Este combustible arde con dificultad si no está en bastante cantidad, y como se compone en su mayor parte de carbon arde sin llama. El cok debe ser denso y duro, porque en los usos á que se destina hay generalmente mucha corriente de aire, como en caminos de hierro y operaciones metalúrgicas; para estos casos no sería bueno un cok poroso y ligero, y solo puede emplearse en otros usos donde es menor la corriente. Otra condicion indispensable en el cok es que sea puro, sin mucha ceniza ni cuerpos estraños; en algunos paises baja el precio del cok segun la ceniza que contiene, siendo malo el que pasa de 5 á 7 por 100; y para conocer la importancia que se da á un buen cok, citaremos el ejemplo de algunos caminos de hierro franceses, que le toman inglés á un precio mas elevado que el de su pais, porque está mas puro y contiene menos ceniza.

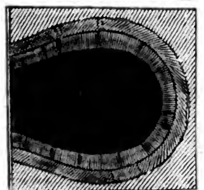
522. Fabricacion del cok. Para obtener un cok de buena calidad se escoje la hulla en pedazos gruesos, y así puede separarse facilmente todo cuerpo estraño: en algunas fábricas someten tambien la hulla á un lavado semejante al de los minerales, con el objeto de separar todos los cuerpos mezclados con ella, que por su mayor densidad bajan al fondo de los aparatos lavadores; de este modo aprovechan tambien en la fabricacion del buen cok, carbones mas menudos, lo que nada importa porque el tamaño de la hulla no es el del cok, puesto que al arder se aglomera y produce pedazos gruesos. La carbonizacion de la hulla se hace en pilas, ó en largos montones como la de la madera (508, 509); pero es necesario que el aire tenga facil entrada; en algunos puntos forman una chimenea cónica de ladrillo con muchas aberturas, la cual tiene $1\frac{1}{2}$ metros de alta y 3 á 4 decímetros de diámetro superior; al rededor de esta se apila una porcion de hulla en un monton de 5 á 6 metros de diámetro, cubriéndole con cisco menudo de ella misma; despues se da fuego por la chimenea, teniendo cuidado de hacer algunas entradas para el aire en la cubierta del cisco que tapa el monton, y cerrando la chimenea cuando ha em-

pezado el fuego á ser intenso; á los 3 dias está formado el cok, y entonces no hay mas que estenderle si el espacio lo permite, y se apaga por sí solo; tambien suele apagarse con agua, lo que será preferible si la hulla tenia azufre, para quitar en parte el que pueda contener el cok. Se hace tambien la carbonizacion en largos montones practicando algunas aberturas en su estension, ya formadas con los pedazos gruesos de la hulla, ó ya colocando estacas al formar la pila, que se sacan despues; la cubierta se hace como antes hemos dicho, y se da fuego por un estremo ó por varios puntos á la vez; despues se apaga como en el método anterior. Por estos medios se obtiene el 45 al 60 por 100 del cok en peso, segun la especie de hulla y el modo de conducir la operacion; en cuanto al volumen suele ser por lo menos igual al de la hulla empleada, y en las grasas escede á veces bastante del de esta.

523. Fabricacion del cok en hornos. Otro método para fabricar el cok es calcinarle en hornos, lo que tiene muchas ventajas: generalmente se emplea para fabricar el cok con las hullas menudas que no servirian para otra cosa. La cantidad producida es algo mayor que por los métodos antes dichos, y además pueden aprovecharse los resíduos de la combustion, recogiendo las breas y sustancias amoniacales que resultan, y utilizando como combustible los gases desprendidos. Los hornos que se emplean para las hullas menudas son con pocas variaciones como el que representa la *figura* 249. Su forma es elíptica, y se cubren de una bóveda fabricada, lo mismo que el suelo, de ladrillo refractario; despues se cubre con una capa de arcilla, y aun sobre esta puede ponerse arena y cubrir con ladrillo; la salida de los gases de la combustion puede hacerse por una pequeña chimenea colocada por delante ó por detrás, y de ella hacer pasar estos gases donde sea necesario, y si no á una chimenea general que los saque al esterior; por lo regular hacen muchos hornos unidos, y sus dimensiones varian bastante: para que puedan servir de tipo, indicaremos las de algunos que están funcionando muy bien. La longitud del suelo del horno es 3 metros y el ancho mayor 2; la mayor altura de la bóveda 1 metro. Las puertas, que son bastante espaciosas, sirven para cargar y descargar el horno, y además para dar entrada por sus junturas al aire para la combustion; se echa una capa de hulla de $1^{1}/_{2}$ á 2 decímetros de altura, y el calor del horno de la operacion anterior sirve para inflamar la hulla, que arde 24 ó 36 horas, y despues se tiene enteramente cerrado el horno 12 horas para apagar el cok: al cabo de este tiempo se saca y acaba de apagar con agua, cargando en seguida de nuevo; si hay prisa puede hacerse la carbonizacion en 24 horas y descargar en seguida, pero no resulta un cok tan bueno: cuando los hornos son grandes la operacion suele durar 4 dias. Por este método puede obtenerse sobre el 60 por 100 del cok en peso, ó menos, segun la calidad de la hulla; el volumen suele ser algo menor que por el otro método para hulla igual, pero algunas veces escede el volumen del cok al de la hulla empleada en mas de una cuarta parte. Cuando se ha de car-

Fig. 249.





bonizar hulla gruesa es conveniente hacer hornos mucho mas altos y cilíndricos, y practicar algunas pequeñas aberturas en sus paredes para que entre un poco de aire y se haga la combustion. Sea cualquiera el método empleado para carbonizar la hulla, ha demostrado la esperiencia que cuanto mas lenta es la operacion y mas gruesa la capa de combustible, el cok resulta mas compacto y de mejor calidad; por esto los ingleses suelen carbonizar en grandes hornos y dar á la capa de hulla un grueso á veces de mas de 1 metro, y de este modo el peso de ella no deja hinchar el cok; además en los hornos, como el calor se encuentra en la bóveda, la carbonizacion empieza por la parte superior y se hace una capa compacta, que impide tambien la dilatacion del cok que resulta luego en la parte inferior. Suelen hacerse hornos para carbonizar en grandes masas, tambien de la forma que hemos dado (*fig.* **249**), pero de una longitud hasta de 6 metros y las demás dimensiones en proporcion. Cuando se destinan las hullas para la fabricacion del gas del alumbrado, es el cok un producto secundario y no sale de tan buena calidad; generalmente se hace esta destilacion en cilindros circulares ó elípticos de hierro fundido ó de piedra, enteramente cerrados, y con solo un tubo de salida para los gases; estos cilindros se colocan en hornos que los calientan por el esterior. Muchas de las hullas que existen en España dan un cok escelente, y sobre todo escojiendo en cada criadero las que son á propósito; las de Mare de Deu y Pinté en Cataluña, muchas de Asturias, las de Sabero, Espiel y Reinosa, dan muy buen cok; en este último punto se fabrica al lado de la mina, y puesto en Madrid cuesta sobre 25 rs. quintal.

524. Potencia calorífica del cok. La potencia calorífica del cok depende primero de su calidad y además de la cantidad de cenizas que produce, de modo que un cok denso y compacto que tenga 15 por 100 de ceniza no dará mas que 6000 unidades lo mas, pero si no escede de 7 pueden contarse 6200, como hemos indicado en la tabla (501), y aun podrán subirse hasta 6500 si es de buena calidad; debe ensayarse para conocer la ceniza que contiene, antes de hacer uso de él. La misma dificultad que en la hulla (519) se presenta en el cok para conocer su potencia calorífica, porque arde dificilmente y no se puede conocer por medio del calorímetro.

525. Calor radiado por el cok. No es posible conocerle por el método dicho (502), á causa de la dificultad con que se quema; pero aunque la práctica ha dado que radia algo mas que el carbon, se debe tomar solamente la mitad del producido.

526. Lignitos. El lignito es una sustancia que se encuentra en capas mas modernas que la hulla, como son los terrenos terciarios y aun las partes superiores de los secundarios. El color de los lignitos es pardo ó negro, su aspecto térreo y su masa es mas ó menos homogénea, conservando á veces la estructura vejetal. Sometidos á la calcinacion dan un carbon pulverulento de malas propiedades como combustible. Todos los lignitos se emplean para la combustion, pero son preferibles los mas compactos que se acercan mas á hullas. Su composicion, segun ha resultado de muchos análisis, es la siguiente.

Peso específico..........	1,24	á	1,36
Carbon.................	63,8		72,0
Hidrógeno total.........	4,56		5,60

Hidrógeno libre.........	2,25	3,22
Oxígeno...............	16,12	21,28
Azoe..................	1,5	2,0
Ceniza................	1,7	13,5

Muchos lignitos están acompañados de piritas de hierro, y en este caso el azufre produce el mismo mal efecto que en las hullas para emplearlo como combustible.

527. Azabache. El lignito se encuentra á veces en masa compacta susceptible de tomar un escelente pulimento, y en este caso recibe el nombre de *azabache*.

528. Lignitos en España. En las provincias de Zaragoza y Lérida, en Mequinenza y Granja de Escarp, se encuentran lignitos en una estension de 2 leguas formando capas de 3 y 4 pies de potencia; son bastante bituminosos, y su precio en la mina es 1 real quintal: se consume algo en las fábricas de Barcelona y el pais. En Alicante y Alcoy tambien se encuentran lignitos que se esplotan para el consumo de varias fábricas de paños y papel y algunas otras en Alcoy. En la provincia de Teruel hay lignitos en Utrillas, y se esplotan para destilar aguardientes, cocer cales y algun otro uso poco importante. En Asturias y algunos otros puntos se encuentran tambien lignitos, y azabaches en Careñas y otros sitios.

529. Potencia calorífica del lignito. La potencia calorífica varia en los lignitos segun su clase y la cantidad de cenizas que contiene; pero si es aceptable como buen combustible, se podrá calcular por 6200 unidades, rebajando este número cuando es de peor calidad.

530. Calor que radia el lignito. Tomaremos como en los carbones y hullas la mitad del producido.

531. Antracitas. La antracita se supone hulla antigua en la que los vegetales que la forman han llegado á su mayor estado de descomposicion. Es compacta, dura, no se aglomera por la calcinacion, y produce un carbon pulverulento y malo, arde con mucha dificultad, por cuya razon necesita estar en gran cantidad y bajo la influencia de una corriente de aire bastante viva. Se emplea como combustible en los Estados-Unidos, donde hay grandes criaderos debajo de los de hulla, y la usan en este pais, no solo en la industria sino en estufas de mucha corriente de aire para calentar las habitaciones. Los ingleses la emplean en pequeña cantidad, y tambien en Francia se emplea como combustible, pero en Europa el consumo es insignificante comparado con el de la hulla. La composicion, resultado de muchos análisis, es la siguiente.

Densidad........... de	1,33 á	1,47
Carbon................	90,4	92,6
Hidrógeno total.........	2,43	4,2
Hidrógeno libre.........	2,09	3,96
Oxígeno...............	0,5	1,62
Azoe..................	1,3	1,8
Ceniza................	0,9	4,7

532. Antracitas en España. En España se encuentran antracitas en varios puntos, pero se esplotan poco; en la provincia de Oviedo, en Colungas, se esplota algo, y surte en Málaga unos hornos de fundicion.

533. Potencia calorífica de la antracita. Pudiera tomarse mayor que la de las hullas, pues contiene mas carbono; pero como la práctica solo puede dar esta diferencia en cada caso segun la calidad, debe calcularse como la hulla en 7500 unidades (501).

534. Calor que radia la antracita. Para calor radiado por las antracitas se tomará, como en el carbon, la mitad del total producido.

535. Turbas. Existen en la superficie de varios terrenos pantanosos ó que lo han sido, y tambien en los cauces de algunos rios, capas de vejetales mas ó menos descompuestas, que á veces están cubiertas con otra delgada de tierra ó arena, llegando á tener en algunos puntos estas capas vejetales un grueso de 10 ó 12 varas: en la parte superior presentan la forma de vejetales entrelazados, perdiéndose esta forma con la profundidad, de manera que en las capas gruesas se encuentra en el fondo una masa homogénea en la que por casualidad se distingue algun vejetal en su forma: á todas estas masas vejetales se da el nombre de *turbas*. Se ha supuesto que las turbas son el origen de todos los demás combustibles, y se concibe sin dificultad que, descompuestas por la accion del tiempo, den origen á los lignitos, que todavía mas descompuestos pierden completamente la forma vejetal para convertirse en hullas, las cuales pasan tambien por la accion del tiempo al estado de antracitas; comprueba tambien esta teoría la posicion que tienen todos estos combustibles respectivamente. Las turbas se emplean como combustibles, lo que es fácil concebir, puesto que se componen de vejetales; y para este uso se esplotan desecando los pantanos que las contienen, si es posible, ó estrayéndolas de su fondo por medio de dragas ó de otra manera: en todo caso se forman especies de ladrillos con moldes, y se hacen secar al sol. Este combustible retiene siempre por lo menos 25 por 100 de agua, á no ser que se haya secado en estufas; arde lentamente, y forma en general un humo espeso y de olor desagradable, por cuyas causas no es á propósito para muchos usos de la industria; pero sin embargo es combustible que se puede aplicar con ventaja en otros, como en la coccion de cal y ladrillo, y tambien en hogares para la produccion del vapor, pero es menester que se emplee en parajes donde el humo pueda esparcirse sin inconveniente. La composicion de las turbas es la misma que la de los otros combustibles semejantes, y solo varian las proporciones de los componentes. Varios análisis de turbas de buena calidad secadas en estufas han dado:

Carbon.......... .... de	57	á 58
Hidrógeno total.........	5,60	6,12
Hidrógeno en esceso....	1,68	2,30
Oxígeno...............	28,96	29,80
Azoe.................	2	2,1
Ceniza................	4,6	5,6

En las turbas generalmente habrá que contar mucha mas ceniza que la indicada, pues á veces llega á 20 por 100; tambien el agua, como antes hemos dicho, suele llegar á 25 por 100 lo menos; de modo que este es el combustible que debe ensayarse siempre antes de usarse, determinando por medio de una desecacion á 60 ó 70 grados la cantidad de agua que contiene, y quemando despues bastante

porcion, siquiera 2 ó 3 libras, para determinar la ceniza que produce. Es conveniente secar las turbas antes de hacer uso de ellas, por medio del calor perdido de algun hogar, siempre que sea posible, porque la turba seca arde mas pronto y desarrolla mas calor en menos tiempo, siendo tambien mayor el calor aprovechado.

536. Turbas en España. En España se encuentran turbas en muchos parajes, desde Toledo, junto á Navalucillos, que es el punto mas meridional donde se han encontrado, hasta la costa de Cantabria: hay turbas en la provincia de Madrid, en Chozas; tambien en la de Cuenca y Santander; en Oviedo se encuentran capas muy gruesas, y los fosos de Jijon están abiertos en una de 15 á 16 pies de potencia. No se esplotan en ninguna parte.

537. Potencia calorífica de las turbas. La potencia calorífica es muy variable en las turbas segun su calidad, pero resulta de esperimentos hechos, que si tiene 10 por 100 de ceniza y 20 á 25 de agua, puede tomarse la potencia de la madera, ó sea 2800 unidades por kilógramo, aumentando ó disminuyendo este número con la calidad. Si está secada en estufas podrá producir, no teniendo mucha ceniza, 3800 unidades, y acaso mas si es buena.

538. Calor que radia la turba. Segun esperimentos hechos, el calor radiado puede tomarse tambien igual al de la madera, esto es, la cuarta parte del producido.

539. Carbon de turba. Las turbas carbonizadas pueden emplearse para los mismos usos que los carbones, y efectivamente se emplean hasta en la fabricacion del hierro en los altos hornos. El carbon de buenas turbas resulta compacto, arde con mas dificultad que el de madera, y generalmente tiene mas ceniza que este. La carbonizacion se hace en el campo, lo mismo que la de la madera (508), ó en hornos. El primer método es mas sencillo; las pilas forman grietas por sí, que dan entrada al aire, pero esto hace perder mucho carbon; sin embargo, con buenos obreros puede emplearse este método de carbonizacion. Cuando se quema en hornos, se construyen cilíndricos y altos. Se enciende la turba por la parte inferior, y se cuida de no dar entrada mas que al aire preciso para carbonizar. Indicaremos un método de carbonizacion en hornos que produce buen resultado en carbon, y es muy económico. Un horno cilíndrico *A* (*fig.* 250) se llena de turba por la parte superior *B*, cerrando despues esta parte con una plancha de hierro; este horno, formado de ladrillo ó hierro, tiene una cavidad *C* en toda la estension de su parte esterior, la cual recibe los productos de la combustion de un hogar *D*, del cual salen primero á un canal *H*, desde donde pasan á *C* repartidos y luego marchan por *B*, saliendo los gases de la turba por *L*; en el hogar se queman turbas de mala calidad, y la carbonizacion dura 24 horas, al cabo de las cuales se abre el registro *E* y todo el carbon cae á un espacio cerrado en la parte inferior, donde se apaga mientras el horno se carga de nuevo. Por este método se obtiene 35 á 40 por 100 de carbon, pero hay que contar que para la carbonizacion se emplea en el hogar una cantidad de turba igual por lo menos al 35 por 100 de la introducida en el horno, lo que re-

Fig. 250.



duce el carbon producido á 26 ó 30 de la turba empleada total; en este carbon se encuentra además la ceniza que contenia la turba, de manera que muchas veces tiene el carbon aun de turbas regulares de 18 á 20 por 100 de cenizas. En un horno semejante al que hemos descrito pueden carbonizarse turbas con el calor perdido de otro hogar, sin mas que suprimir el *D* y hacer llegar el humo caliente al canal *H*; en tal caso produce mas carbon con relacion al combustible empleado, y puede ser ventajoso fabricarle, sobre todo donde no hay otro combustible.

540. Potencia calorífica del carbon de turba. La potencia calorífica del carbon de turba es muy variable, porque lo es tambien la cantidad de ceniza que contiene; pero segun esperimentos hechos con carbones que contenian hasta 18 por 100 de ceniza, se ha visto que puede fijarse en 5800 unidades, aumentando ó disminuyendo este número si la cantidad de ceniza varía.

541. Calor que radia el carbon de turba. Puede fijarse como en el carbon de madera en la mitad del producido.

542. Casca de tenería. La casca de teneria, que es la parte leñosa de la corteza de encina, así como los restos de las maderas tintóreas, pueden aprovecharse como combustibles; las cascas, por ser abundantes, se emplean en algunos paises, y tambien en España, como combustible en la economía doméstica, á causa de su bajo precio. Suele moldarse la casca húmeda como los ladrillos, pero en forma circular de un diámetro de 4 á 6 pulgadas; estos discos se secan al aire, y aunque siempre retienen 25 á 30 por 100 de agua, pueden servir para todos los usos en que es aplicable un combustible que arde lentamente, y que no produce de pronto un calor vivo, pero que es suficiente para la formacion del vapor, á lo que hemos visto aplicado mas de una vez este combustible. La cantidad de ceniza que deja es grande, pues ya sabemos (503) que la corteza de la madera es la parte que mas produce; por esto se puede contar 10 á 12 por 100 en general.

543. Potencia calorífica de la casca. La potencia calorífica de este combustible es corta, como puede deducirse por las propiedades que de él hemos indicado; segun varios esperimentos es menor que la de las turbas, y puede solo contarse que produce 2300 unidades por kilógramo en el estado que suele encontrarse cuando se ha secado al aire.

544. Calor radiado por la casca. El calor que radia podrá contarse, como el de la madera, la cuarta parte del producido.

545. Volumen de aire necesario para la combustion. Tratándose de quemar una cantidad de combustibles, es necesario determinar la cantidad de oxígeno que necesita para arder, ó mas bien la cantidad de aire en que está contenido este oxígeno, que es de donde le toma el combustible. Pudiera creerse que no es necesario cálculo, pues haciendo entrar un esceso de aire, la combustion será completa; pero téngase presente que este aire se calienta á espensas del combustible, por lo que si entra en esceso llevará mucho calor que será completamente perdido; es, segun esto, necesario el cálculo para que no falte aire y la combustion sea completa, pero tambien para que un esceso no haga perder calor. El oxígeno convierte el carbono en ácido carbónico y el hidrógeno en agua (504); luego sabiendo cuánto carbono contiene un combustible, por la composicion del ácido carbónico, sabremos cuánto oxígeno necesita para formar el ácido, y sabiendo igualmente el hidrógeno, conoceremos el oxígeno necesario para formar agua. Ocupémonos del

carbono. El ácido carbónico está formado en peso de 27,36 de carbono y 72,64 de oxígeno; luego suponiendo que sean estas partes kilógramos, tendremos que si $27^k,36$ de carbono necesitan $72^k,64$ de oxígeno, 1 kilógramo de carbono necesitará $27,36 : 72,64 :: 1 : x = 72,64 : 27,36 = 2^k,65$: cantidad necesaria para convertir un kilógramo de carbono en ácido carbónico; pero como el oxígeno lo hemos de tomar del aire y este ha de calcularse en volumen, es necesario saber la cantidad $2^k,65$ de oxígeno qué volumen ocupa; sabido el peso de 1 metro cúbico de aire y la densidad del oxigeno, pudiéramos calcular el peso de 1 metro cúbico de oxígeno, pero en la tabla (255) encontramos este peso calculado, pues el de 1 litro en gramos será el mismo que el de 1 metro cúbico en kilógramos: por tanto tenemos que 1 metro cúbico de oxígeno pesa $1^k,4323$; pero como nos han resultado $2^k,65$ para 1 kilógramo de carbono, tendremos que si $1^k,4323$ es el peso de 1 metro cúbico, $2^k,65$ serán el peso de los metros que dé la siguiente proporcion, $1,43 : 1 :: 2,65 : x = 3,65 : 1,4323 = = 1^m,85$, esto es, que 1 kilógramo de carbono necesita para arder 1,85 metro cúbico de oxígeno puro. El oxígeno se toma del aire, y falta determinar en qué cantidad se hallará contenido: para esto conocemos la composicion del aire en volumen (223), que tomaremos 21 de oxígeno en 100 partes, de modo que suponiendo sean metros cúbicos tendremos que si 21 metros cúbicos están en 100 partes de aire, 1,85 metros cúbicos estarán en $21 : 100 :: 1,85 : x = 8^m,81$ de aire; resulta pues, que 1 kilógramo de carbono consume para arder el oxígeno contenido en 8,81 metros cúbicos de aire: en estos cálculos no se puede tener en cuenta ni la presion ni la temperatura, que varian á cada momento. Un cálculo igual nos dará que 1 kilógramo de hidrógeno necesita 26,66 metros cúbicos de oxígeno, sabiendo la composicion del agua (157). Las cantidades de aire que han resultado son las que dan el oxigeno necesario, suponiendo que todo el del aire se emplea en la combustion; pero en ningun hogar pierde el aire su oxígeno completamente, y por tanto es necesario aumentar las cantidades calculadas. Un gran número de observaciones hechas para saber la cantidad de oxígeno que lleva el aire despues de la combustion, han dado que cuando el combustible es madera sale libre la tercera parte de oxígeno que entró, y si es otro combustible sale la mitad; de aquí resulta que la cantidad calculada ha de aumentarse añadiéndola su mitad si es para madera, y duplicándola cuando sea otro combustible; y no deberá hacerse entrar menos aire á pesar del calor que se llevará, porque 1 kilógramo de carbono reducido á ácido carbónico produce 7200 unidades de calor (501), y reducido solo á óxido de carbono porque le falta oxígeno, se ha encontrado que produce solo 1390; de donde resulta que si no entra bastante aire y una parte del carbono se convierte en óxido solamente, hay una pérdida considerable de calor. Con los datos que acabamos de hallar podremos calcular la cantidad de aire que necesita un combustible de los que se emplean comunmente.

546. Cálculo para la hulla. Como ejemplo del cálculo que hemos de hacer para determinar el aire que necesita un combustible, si ha de arder completamente, vamos á tomar la hulla, porque es el que tiene siempre carbono é hidrógeno. Supongamos que en ella hay 0,88 del primero y 0,05 de hidrógeno. Hemos visto (545) que 1 kil. de carbono necesita 8,81 metros cúbicos de aire para arder, luego 0,88 de carbono necesitará $1 : 8,81 :: 0,88 : x = 7^m,75$. Por igual razon tendremos para el hidrógeno $1 : 26,66 :: 0,05 : x = 1^m,33$; sumando estas dos cantidades, nos darán el aire necesario, que será $7,75 + 1,32 = 9^m,08$, y duplicando

este número serán 18,16 metros cúbicos de aire los que deberán entrar en el hogar para que arda 1 kil. de hulla. Si fuera carbon ó madera que no tienen hidrógeno, el cálculo sería solo para quemar el carbon que contiene.

547. Tabla de la cantidad de aire que ha de entrar en el hogar por cada kil. de combustible. Calculando (546) la cantidad de aire que necesita 1 kil. de diferentes combustibles para arder completamente, se han encontrado los números siguientes en metros cúbicos.

Madera seca..................	6,75
Madera comun, 20 á 25 de agua..	6,11
Carbon de madera........... ...	16,40
Hullas, lignitos, antracitas.......	18,10
Cok..........................	15,00
Turbas secas........	11,28
Turbas comunes, 20 á 25 de agua..	9,02
Carbon de turba..............	13,20

548. Volumen de gas que resulta de la combustion. El aire al salir por la chimenea no tiene el mismo volumen que cuando entró en el hogar, pues aunque el ácido carbónico formado tiene el mismo volumen que el oxígeno que entra en su formacion, y por esta causa no hay aumento, se dilata sin embargo por la temperatura; además en los combustibles que tienen agua, ésta forma vapor aumentando el volumen del gas que sale, y en los que tienen hidrógeno libre se forma tambien agua con el oxígeno y sale en estado de vapor, siendo en este caso su volumen mayor que el del oxígeno que le formó. Para conocer el volumen del vapor que se forma, calculemos el que produce 1 kil. de agua: sabemos que 1 volumen de agua da 1685,89 de vapor á 100 grados (440); luego 1 kil., cuyo volumen es 1 decímetro cúbico, dará 1685,89 decimetros cúbicos, ó sea $1^{m},68589$: este volumen reducido (371) al que corresponde á la temperatura de 0 grados, será $1,68589:(1+0,00367\times100)=1^{m},23$: calculemos ahora la cantidad de vapor producido por el agua que contiene el combustible, sea de composicion ó higrométrica. Tomemos la madera y contemos 0,36 de agua de composicion y 0,24 de higrométrica (503); tendremos que si 1 kil. de agua se convierte en $1^{m},23$ de vapor, $0,36+0,24=0,60$ se convertirán en $1:1,23::0,60:x=0,74$, de modo que por cada kil. de madera hay que aumentar 0,74 al aire que ha entrado para tener el que sale por haberse mezclado con el vapor. Si es combustible que tiene hidrógeno libre, calcularemos la cantidad de agua que forma y el vapor que este agua produce, pero se habrá de restar del volumen del vapor el del oxígeno que contiene, puesto que se encontraba en el aire que entró para la combustion. Supongamos un combustible que tiene 0,03 de hidrógeno: sabemos (157) la composicion del agua en peso; luego si para 11,11 de hidrógeno se necesitan 88,89 de oxígeno, para 0,03 se necesitarán $11,11:88,89::0,03:x=0,24$: esta cantidad con la de hidrógeno forman $0,24+0,03=0,27$ de agua, que si suponemos proviene de 1 kil. de combustible será $0^{k},27$; convertida en vapor, segun antes hemos dicho, dará $0,27\times1^{m},23=0,332$, pero de este volumen hay que restar el del oxígeno tomado del aire que entró para la combustion, y para calcular este volumen tene

mos (255) que si 1m,4323 de oxígeno es 1 litro, ó lo que es lo mismo 1k,4323 es 1 metro cúbico, 0k,24 de oxígeno será 1,4323 : 1 : : 0,24 : x=0m,168, y restando este volumen del que ha resultado de vapor, será 0,332−0,168=0m,154, que es el aumento que tendrá por kil. de combustible el aire que entre en el hogar con el de vapor del agua, que formarán los 0,03 de hidrógeno libre. De este modo se han calculado las cantidades de gas á la temperatura de 0, que resultan de quemar 1 kil. de los diferentes combustibles, y se indican en la siguiente tabla; debiendo tenerse presente que cuando no contienen agua ó hidrógeno libre no hay vapor que aumente el aire que entra en el hogar.

	AUMENTO POR EL VAPOR.	GAS QUE RESULTA DESPUES DE LA COMBUSTION.
Madera seca..................................	0,59	7,34
Madera comun, 20 á 25 por 100 de agua.	0,74	6,85
Carbon de madera..........................	»	16,40
Hullas..	0,34	18,44
Cok..	»	15,00
Turba seca....................................	0,48	11,76
Turba comun, 20 á 25 por 100 de agua.	0,63	9,65
Carbon de turba............................	»	13,20

Hemos supuesto los gases que resultan de la combustion á la temperatura de 0, y es evidente que saliendo á otra temperatura mucho mas elevada tendrán un volumen mayor, de modo que será necesario reducir á este volumen la cantidad total de gases que se haya calculado; como en ella tendremos aire y ácido carbónico, podremos tomar un coeficiente medio de dilacion (365), ó sea 0,00367. Supongamos que se quiere saber el aire que saldrá de un hogar donde se han quemado 20 kil. de hulla, siendo la temperatura de este aire al salir 300°: en la tabla anterior encontramos que por cada kil. salen 18m,44, luego por los 20 saldrá 18,44×20=368m,8; pero este volumen sería á la temperatura de 0, y reduciéndole al que será á la de 300 grados (371) tendremos 368,8×(1+0,00367×300)=774m,48, que es el volumen de aire que resultaria de quemar los 20 kil. de hulla. Segun lo dicho, para saber el volumen de aire que resulta de quemar una cantidad de combustible, tomaremos en la tabla anterior el número que corresponde á este combustible, le multiplicaremos por el número de kil., y el producto le reduciremos al volumen que debe tener pasando de la temperatura 0 á la que le supongamos al salir.

549. Calor perdido por el aire. Calculemos el calor que se lleva el aire al salir del hogar. Supongamos qne se quema leña, que da, segun hemos visto, 2800 calorías por kil., y que necesita (547) para arder 6m,11, ó 6,11×1,3=8 kilógramos (225) por 1 de combustible; sea la temperatura del aire al entrar en el hogar 15° y al salir 300; habrá subido 300−15=285°: si fuera agua, tomaria por cada grado y kil. una caloría (360); luego 8 kil. para 285° tomarian 8×285=2280 calorias; pero como es aire habrá tomado la cuarta parte (407), ó sea 2280 : 4=570;

la madera ha dado 2800, luego el aire se ha llevado mas de la quinta parte del calor producido, pues 570×5=2850: de aquí resulta que mas de la quinta parte del combustible se pierde para el efecto util, y solo se emplea en calentar el aire que sale por la chimenea, dándole una fuerza ascensional que es la que le hace salir. Hemos supuesto que el aire no se trasforma en el hogar y que no hay vapores producidos; si tuviéramos en cuenta todo esto, sería mayor la pérdida. Si repetimos un cálculo igual para otros combustibles encontraremos que se pierde tambien mayor cantidad, porque para la madera solo hemos calculado $^1/_3$ mas de aire del que necesita para arder, y otros combustibles necesitan doble: suponiendo que sea hulla, que sale el aire de la chimenea á diferentes temperaturas, y que la cantidad de este que entra es tambien diferente, resultan los números siguientes para cantidad de combustible perdido.

TEMPERATURA DE SALIDA.	AIRE EXACTAMENTE NECESARIO.	DOBLE CANTIDAD DE AIRE.	TRIPLE CANTIDAD DE AIRE.
50°	0,021	0,043	0,063
100	0,043	0,086	0,123
200	0,086	0,172	0,252
300	0,129	0,258	0,378
400	0.172	0,344	0,506
500	0,215	0,430	0,630

Se ve por estos números que á 300°, entrando doble aire del que da el cálculo, que es el que hemos visto debe entrar (545), el combustible perdido es mas de la cuarta parte; si entra triple aire se pierde mas de la tercera; por lo tanto estos números demuestran la necesidad de arreglar la entrada á la cantidad precisa para una buena combustion y nada mas.

550. Eleccion de combustible. En la eleccion de combustible tendremos que examinar si puede dar la cantidad de calor necesaria sin perjudicar al efecto que se trata de producir; por esta causase emplean carbones esclusivamente en muchos casos en lugar de emplear los combustibles de que se han sacado, y se desechan algunos por tener azufre, dar mal olor ú otras causas análogas. Elegidos los combustibles bajo este punto de vista, hay que examinarlos bajo el de la economía, y para esto tendremos presente el precio del combustible y el calor que produce, calculando cuánto cuesta una caloría de cada uno de ellos, y es evidente que será preferible el mas barato. Hay algunos casos en que no es el calor total el aprovechado sino solamente el radiado, y entonces el cálculo debe ser por una unidad de calor radiado y no del total. Comparemos en Madrid leña y hulla: contemos 1 quintal de leña á 12 rs. y 1 de hulla á 20; desde luego vemos que siendo mas que doble la potencia calorífica de la hulla y su precio menos de doble, hay ventaja por esta; pero si calculamos el precio de una caloría, contando 46 kil. por quintal, tendremos que 1 quintal de madera produce 46×2800=128000 calorías (501) y 1 de hulla 46×7500=345000; de modo que una caloría de la madera

cuesta **12 : 128800=0,000094**, y una de la hulla **20 : 345000=0,000058** de real: vemos que la ventaja está por la hulla. Supongamos que se ha de aprovechar solo el calor radiado; en este caso, como la madera radia la cuarta parte, será **128800 : 4= =32200** el calor radiado por **1** quintal de madera y el coste de una caloria **12 : 32200=0,00037**: la hulla radia la mitad ó sea **345000 : 2=172500** unidades por quintal, y el coste de una caloria será **20 : 172500=0,00012** rs., de modo que en este último caso, á un precio triple hay ventaja por la hulla Todos estos cálculos deberán hacerse despues de verificar los ensayos que se practiquen con los combustibles que se nos presenten, para determinar el agua y cenizas que contengan y su potencia calorífica, si puede ser.

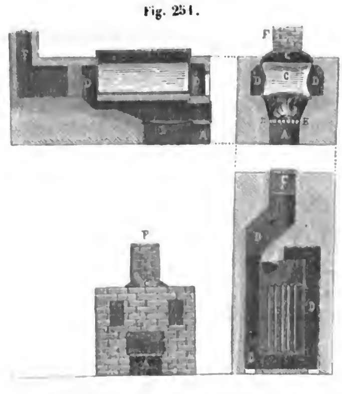
CAPITULO VII.

HOGARES. CALDERAS.

551. Partes de un hogar. Un hogar se compome de la *rejilla*, en la que se quema el combustible; del *cenicero*, que recibe los resíduos de la combustion, y que es además por donde el aire entra para alimentarla; de un espacio por el que pasa la llama y el aire caliente para aprovechar su calor; y finalmente, de la *chimenea*. Si el aire que ha de alimentar la combustion pasase solo por encima del combustible estaria muy poco en contacto con este, y por tanto debería ser en mucha cantidad, lo que haria perder una porcion de calor considerable, y la combustion no se haria bien; pero si el espacio donde se hace la combustion está dispuesto de manera que el aire que la ha de alimentar entre por la parte inferior y tenga que atravesar el combustible, este aire se encontrará mas en contacto con él, perderá la mayor cantidad posible de oxigeno, y necesitará ser mucho menos. Resulta, pues, que el combustible debe quemarse á una cierta altura del suelo para que haya el espacio suficiente para dar entrada al aire, y además debe quemarse sobre una superficie que permita el paso á este aire, tomado debajo de ella: nada llena estas condiciones como una porcion de barras de hierro colocadas á la conveniente distancia entre sí, y suspendidas sólidamente á una cierta altura del suelo, colocadas en un espacio, cerrado sobre ellas para que el aire entre solo por debajo y no por encima. Sobre esta rejilla estará colocado el cuerpo que debe calentarse, á una distancia que permita colocar la cantidad necesaria de combustible y desarrollar su llama si la tiene; así recibe el cuerpo mucha parte del calor radiado: pero los gases resultantes de la combustion, á una elevada temperatura se llevarian una porcion muy grande del calor si salieran en seguida á la chimenea; por esta causa se les hace pasar por un conducto que rodea el cuerpo que se ha de calentar, y en este conducto dejan por su contacto con el cuerpo, una cantidad de calor que se aprovecha para el efecto de calentar; enfriado ya el aire convenientemente encuentra un conducto mas ó menos largo, que le dirije á una salida vertical llamada *chimenea*, que le hace pasar al esterior. Un hogar com-

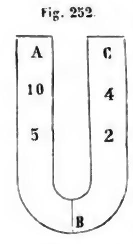
pleto para caldera de vapor está representado en la *figura* 251. *A* es el cenicero por donde entra el aire bajo de la rejilla *B*, en que está el combustible: este radia su calor á la caldera *C*, y el aire de la combustion pasa al conducto de humo *D* y de aquí á la chimenea *F;* encima de la rejilla hay una puerta *H* para introducir el combustible, pero que debe estar cerrada para que no entre aire por ella. Los conductos del humo tienen delante otras puertas bien tapadas con ladrillos, que se abren para limpiar el hollin que se forma en ellos. Todas las diferentes partes que componen un hogar están subordinadas en sus dimensiones á la cantidad de combustible que haya de quemarse, pues se concibe bien que una dimension cualquiera no puede producir el efecto de quemar el combustible necesario, sino que podrá quemarse mas ó menos; pero como el combustible necesita una cantidad determinada de aire, la cual se convierte en otra mayor segun sabemos (548), se deduce que si la chimenea tiene el diámetro conveniente, dejará salir el aire que deba resultar solamente, y por lo tanto no podrá entrar en el hogar mas que el correspondiente al que sale, y no se quemará sino el combustible que se haya calculado; vemos segun esto que la parte principal es la chimenea, y en ella su diámetro.

Fig. 251.



552. Chimeneas. El efecto de una chimenea, esto es, la mayor ó menor cantidad de aire que deja salir, depende: 1.° de su altura, 2.° de la temperatura del aire en ella, y 3.° de su diámetro en la parte mas estrecha. 1.° La altura influye, y es facil convencerse de ello; supongamos (*fig.* 252) un tubo encorvado *ABC* lleno de un gas y abierto por sus estremos *A* y *C*, sobre los que pesa la atmósfera; figurémonos que el gas que llena el brazo *A*, sea de una densidad diferente del que llena el brazo *C;* resultará que en una seccion *B* del tubo en su parte inferior, la presion será la del peso de la columna de gas en *A*, mas la atmósfera en un lado, y la del peso de la columna de gas *C*, mas la atmósfera en el otro lado; y siendo el peso de la atmósfera el mismo en *A* y *C*, resulta que la columna mas pesada hará mayor presion, y por tanto impelerá á la otra á salir con una fuerza correspondiente á la diferencia de sus pesos: si, por ejemplo, la columna *A* pesa 5 kil. y la *C* solo 2, esta será impelida por una fuerza como 3 kil. y saldrá por *C* el gas que contiene: supongamos ahora que se hace doble la longitud de las dos columnas; los pesos del gas que contienen tambien se harán dobles: en este caso la columna *A* pesa 10 kilógramos y 4 la *C*, siendo la diferencia 6, en lugar de 3 que antes era, de modo que si la presion es mayor ahora, el gas saldrá por *C* con mas velocidad. Así sucede en una chimenea: la co-

Fig. 252.

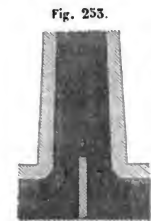


lumna *A* es el aire esterior contando desde la altura de la boca de la chimenea en su parte superior hasta la parte inferior de ella en la entrada del hogar, y la columna *C* es el aire caliente contenido en la chimenea: por tanto, una mayor altura producirá mayor velocidad de salida. 2.° La temperatura hace tambien variar la cantidad de gas que sale, pues cuanto mas caliente se encuentre, será mas ligero; sin embargo, no crece la velocidad proporcionalmente á la temperatura, y aun resulta, calculando la que corresponde á las diferentes temperaturas, una en que esta velocidad es la mayor, y despues decrece aumentando aquella: este valor máximo es variable con la temperatura esterior, pero como esta última no tiene grandes diferencias, puede fijarse que la velocidad mayor de la salida del aire en una chimenea es á la temperatura de 300°; será pues conveniente enfriar el humo para que salga á esta temperatura, y diremos de paso que el cálculo hace ver que la velocidad decrece poco aunque se haga bastante menor este número; por ejemplo, entre 200° y 300° no es grande la diferencia, y por tanto, podremos aprovechar el calor bajando la temperatura sin tener por esto muy disminuida la velocidad del aire que sale. En una chimenea de mucha altura, el humo se enfria desde su parte inferior hasta su salida, y por eso entenderemos por temperatura del humo en ella la temperatura media, que conoceremos midiendo la de la parte superior é inferior y tomando la mitad de la suma. 3.° La cantidad de humo que sale por una chimenea depende de la velocidad y de la seccion, pues cuanto menor sea la última tiene que ser mayor la primera para que salga una cantidad en un tiempo dado; pero como acabamos de ver que la velocidad es dependiente de la altura de la chimenea y de la temperatura del humo en ella, para determinar la seccion debemos fijar segun las circunstancias particulares la altura y la temperatura, y buscar la seccion con arreglo á ellas; de este modo queda el cálculo reducido á buscar solamente la seccion: varios son los métodos que se han propuesto para determinarla, y existen tambien fórmulas complicadas para este objeto; por nuestra parte, en vista de muchos datos tomados en chimeneas que funcionan perfectamente, y de acuerdo tambien con los resultados que dan las fórmulas tenidas por mas exactas, hemos fijado la regla práctica siguiente: en chimeneas hasta 5 metros de altura, para quemar 10 kil. de hulla por hora, saliendo el aire á 100°, y suponiendo que este no tiene que pasar desde la rejilla á la chimenea por un circuito mas largo que 10 metros, se dará $0^m,2$ de lado á la seccion superior de la chimenea cuadrada; siendo mayores estas cantidades, se añadirán $0^m,05$ por cada 10 kil. de hulla que se aumenten, y $0^m,01$ por cada 10 metros que tenga mas el circuito que ha de recorrer el humo hasta el pie de la chimenea, siempre que sea menos de 60 kil. la cantidad de hulla que se queme por hora, pues llegando á esta cantidad, se desprecia la longitud del circuito á no ser que fuera escesiva; al número que resulta se quitarán $0^m,01$ por cada 100° mas de temperatura que se dé al aire, que no debe pasar nunca de 400°, y se quitará además $0^m,01$ por cada 5 metros de altura que se aumenten á la chimenea; por ejemplo, se trata de calcular la seccion de una chimenea de 20 metros de altura, para quemar 40 kil. de hulla por hora, saliendo el aire á 200° y siendo la longitud del circuito de humo desde el hogar al pie de la chimenea 30 metros; segun hemos dicho, habrá que añadir por la hulla que se ha de quemar, que escede á 10 kil. en 30 ó sea en 3×10, la cantidad $0^m,05\times3=0^m,15$; además hay que añadir por el circuito de 30 metros

que escede en 20 ó en 2×10 á los 10 metros, $0,01\times2=0,02$, y resultará todo $0,2+0,15+0,02=0,37$; á esto hay que quitar por 100° que escede la temperatura á los 100 fijados 0,04, y por 15 metros ó sea 3×5 de mayor altura de la chimenea, $0,01\times3=0,03$; luego resultará $0,37-0,04-0,03=0^m,30$; este será el lado de la chimenea cuadrado en su parte superior. Otro ejemplo: una chimenea para quemar 100 kil. de hulla por hora, que tenga de altura 30 metros, saliendo el aire á 300°; en este caso no tendremos en cuenta la longitud del circuito, y segun lo dicho añadiremos por 90 kil. de hulla en esceso $9\times0,05=0^m,45$, y quitaremos por 200 de esceso de temperatura $2\times0,04=0^m,08$ y por 25 metros de altura mayor $5\times0,01=0^m,05$, y tendremos $0,2+0,45-0,08-0,05=0^m,52$; este será el lado de la seccion. Se ha dado como regla práctica tambien, y podrá tenerse en cuenta para comparar, que la seccion de la chimenea ha de ser 30 veces menor que la superficie de la caldera espuesta al contacto del aire caliente, que es lo que se llama *superficie de caldeo;* pero puede esta variar de modo que no sea cierta la regla. Si es otro combustible el que se ha de quemar, puede calcularse lo mismo la seccion de la chimenea, porque si bien es cierto que la madera necesita menos aire para arder, tambien se hacen mas pequeñas las rejillas y además arde mas de prisa, y por tanto hay compensacion; de manera que si varia el combustible en un hogar, no hay mas que variar la rejilla.

553. Chimenea para varios hogares. Cuando en un establecimiento hay varios hogares se hace una sola chimenea para todos ellos, dándola por seccion la suma de las que corresponden á cada hogar, pues aunque así resulta algo grande no seria facil apreciar las circunstancias particulares de este caso: entendamos que la suma no será de los lados que resultan para las secciones, sino de las superficies de estas secciones. Debe tenerse presente que es necesario dirigir verticalmente el humo cuando entra en la chimenea, pues de lo contrario podria el que viniera de un hogar no dejar paso al humo de otro; se da la direccion poniendo unos pequeños muros *A* (*fig.* 253), ó tambien planchas de hierro

Fig. 253.



554. Dimensiones de las chimeneas. Las chimeneas se construyen de ladrillo, cuadradas ó circulares, mas anchas por la parte inferior, y tambien mas gruesos sus muros abajo; pueden calcularse las dimensiones de toda la chimenea por la seccion superior del modo siguiente: al diámetro superior se le añade $^1/_{40}$ de la altura para diámetro inferior; el grueso superior es 1 decímetro, ó sea el ancho de un ladrillo, y para el inferior se añade tambien de grueso $^1/_{40}$ de la altura: por ejemplo, si el diámetro superior interior es 0,52 y la altura 30 metros, en el segundo propuesto (552) será el diámetro interior inferior $0,52+30:40=$ $=1^m,27$, y el grueso inferior $0,1+30:40=0,^m85$. Se construyen generalmente haciendo por la parte interior la disminucion del grueso en escalones ó resaltos *A* (*fig.* 254), y se coloca una puerta *B* en la parte inferior para entrar á limpiar: la figura representa una chimenea completa. No puede ponerse revestimiento dentro ni fuera, porque el calor le hace caer al instante. Las chimeneas pequeñas se hacen de hierro. La mayor chimenea que se ha construido hasta el dia es una en Manchester de 125 metros de altura, $7^m,50$ de diámetro esterior en la base y $2^m,70$ en

la parte superior, habiendo empleado para su construccion, segun dicen, 4 millones de ladrillos. En el dia no se construyen chimeneas de muy grandes dimensiones.

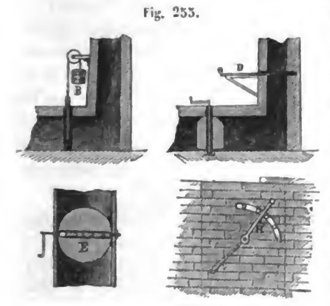
Fig. 254.



555. Registros. En toda chimenea deben ponerse registros, que son unas planchas de hierro colocadas en cualquier punto de ella ó del circuito de humo: los registros se abren ó se cierran para variar la seccion segun sea necesario, y en tal caso no importa hacerla un poco mayor. Si las chimeneas son de varios hogares, hay que ponerlos indispensablemente, para arreglar la seccion segun los hogares que están encendidos. La *figura* 255 representa algunas formas de registros; el *A* se sostiene por un contrapeso *B* en la posicion conveniente; el *C* se mueve con un manubrio; el *D* entra en una caja abierta en las paredes de la chimenea; el *E* se adapta á los tubos circulares de estufas ó pequeñas chimeneas, y tambien en las grandes añadiéndole un manubrio esterior *H* que le sostiene en la posicion necesaria. Los registros deben ajustar bien á los conductos, pues de lo contrario quedarán rendijas por donde pasará el aire, y no se le podrá interceptar completamente. Son preferibles los registros que se pueden sacar como *A* y *D*, para mudarlos si se deterioran, pues los *C* y *E* no se pueden cambiar sin demoler la fábrica.

556. Posicion de las chimeneas. Si la chimenea está colocada encima de la rejilla de modo que el aire llegue á ella muy dilatado, podrá tener suficiente fuerza para impeler toda la columna de aire que pueda haber hasta la salida al esterior, aun cuando se enfrie completamente; si, por ejemplo, el aire caliente se eleva por un conducto ó chimenea vertical de 4 á 5 metros, y despues pasa á enfriarse á otro conducto unido al primero, podrá dejar todo su calor en el segundo y salir por el impulso del nuevo aire caliente que se eleva en el tubo vertical.

Fig. 255.



557. Hogar sin chimenea. Puede ponerse à la boca de una chimenea un ventilador (262), y en este caso se podrá tomar todo el calor al aire, puesto que el ventilador, calculado convenientemente, sacará el aire al esterior produciendo el efecto que resultaria del calor que se le ha quitado; en este caso la chimenea puede suprimirse enteramente poniendo el ventilador al estremo de un tubo que conduzca el aire.

558. Cenicero. Determinadas ya las dimensiones de la chimenea, veamos cuáles son las de todas las demás partes. El cenicero se hace de una dimension cualquiera, siempre que su entrada sea por lo menos la seccion de la chimenea; pero suele resultar mucho mayor por la altura que se da á la rejilla para comodidad del que ha de cuidar el fuego, ó sea del *fogonero*.

559. Rejilla. La rejilla debe tener lo menos un tercio de su superficie en claro entre las barras para poder dar paso al aire, y este claro debe ser bastante mayor que la seccion de la chimenea, pues mucha parte se obstruye con el combustible. La dimension total es generalmente 1 decímetro cuadrado por cada kil. de hulla que se ha de quemar por hora, y en las que se ha de quemar madera, la mitad. Se construyen las rejillas con barras de forma igual en toda su estension, y si son muy largas se refuerzan en su centro (*fig.* 256), unas pequeñas partes salientes hacen que estas barras esten á la distancia conveniente entre sí.

Fig. 256.

560. Altura del combustible. La capa de combustible sobre la rejilla no debe pasar de 1 decímetro de altura para hulla, y de 2 á 3 para cok ó madera.

561. Distancia al cuerpo que se ha de calentar. Entre el combustible y el cuerpo que se ha de calentar debe quedar suficiente espacio para que se desarrolle la llama y se pueda arreglar bien el combustible: teniendo en cuenta el grueso de la capa de este que se debe poner (560), se dará una distancia desde la rejilla al cuerpo calentado de 3 á 4 decímetros para hulla, 6 para cok y 7 á 8 para madera. Esta capacidad cerrada, cuyo fondo es la rejilla, y en la que se hace la combustion, es la que generalmente se llama el *hogar*.

562. Conductos de humo. Los conductos de humo, y en general todos aquellos por donde haya de pasar el aire caliente ó frio desde que entra para dirijirse al combustible hasta que sale por la chimenea, deben tener la seccion de esta por lo menos.

563. Materiales. Los materiales deben ser ladrillo refractario unido con arcillas tambien refractarias en todas las partes en donde la temperatura sea elevada, como en el interior del hogar, y los conductos de humo hasta la chimenea: y si esta se halla cerca, tambien la parte interior inferior de ella: el resto de la fábrica se construye con buen ladrillo comun y buen mortero. Un hogar con las dimensiones que hemos indicado y las modificaciones que ocurren en cada caso particular, podrá servir para producir vapor en una caldera, ó para trasmitir el calor de un combustible en cualquiera otro uso á que sea necesario destinarle, variando solo la forma del vaso que ha de estar sobre el combustible.

564. Calderas. Cuando se ha de calentar un cuerpo líquido, sea con el objeto que quiera, es necesario un vaso que le contenga, el cual está fijo para recibir por debajo el calor del combustible y contener en su interior el cuerpo que se ha de calentar: estos vasos, que toman en general el nombre de *calderas*, se destinan á muchos usos; pero como no podemos entrar en detalles particulares á cada fabricacion, vamos á ocuparnos de la construccion de calderas de vapor, lo primero porque son las mas complicadas por los muchos aparatos accesorios que necesitan, lo segundo porque son las mas importantes por la frecuencia con que se usan, y finalmente, porque lo que de ellas digamos será aplicable á otras, para usos diferentes.

565. Division. Las calderas de vapor en que tiene este la fuerza ó tension igual á 1 atmósfera poco mas ó menos, se llaman de baja presion: si el vapor tiene una tension de 2 ó 3 atmósferas, se las llama de media presion, y si pasa de esta fuerza, son de alta presion.

566. Metales. Los metales que reunen las condiciones de resistencia y baratura son solo el hierro en chapa, el fundido y el cobre; tambien se hacen algunas calderas de acero, y rara vez son de otros metales; en la concentracion del ácido sulfúrico son de platino. Las leyes francesas prohiben que las calderas de los barcos de vapor sean de hierro fundido.

567. Formas de las calderas. Las formas pueden variar segun el uso á que se destinan, pero si son para producir vapor, que es de lo que nos ocupamos, se hacen de *tumba*, ó cilíndricas; las primeras (*fig.* 257) se han empleado cuando el vapor no debe tener mas presion que la atmosférica, y aun en este caso llevan, para que no se deformen, unos tirantes *A* sujetos como se marca en *B*. Las cilíndricas son las que se usan en el dia, porque resisten mejor y son mas fáciles de construir; se terminan con hemisferios en sus dos estremos, y generalmente se las añaden unos tubos llamados *hervidores* unidos al cuerpo principal por medio de otros pequeños: estos hervidores se encuentran espuestos á la radiacion del combustible, aumentando la superficie de caldeo, estando, como es fácil comprender, llenos completamente de agua; son por lo regular solo dos, y hasta estos últimos tiempos nunca se ponian mas, pero en el dia se ponen tres y aun cinco, en cuyo caso hay tres espuestos á la radiacion y dos dentro de los conductos de humo (*fig.* 258). Las calderas se construyen colocando planchas sobrepuestas por sus bordes, y pasando desde dentro afuera clavos del mismo metal llamados *redoblones*, que se remachan en la parte esterior, generalmente en forma de conos (*fig.* 259). Si las calderas son completamente cerradas, como sucede á todas las de vapor, necesitan una abertura bastante grande para que pueda por ella entrar un hombre á limpiar la caldera en el interior; esta abertura se llama *agujero de hombre*. Cuando se necesita aprovechar el espacio y producir mucho vapor se ponen los hogares dentro de las mismas calderas; y en las locomotoras el hogar está rodeado de agua, y el humo se va por una gran cantidad de tubos colocados en el agua del interior de la caldera, y que atraviesan desde el hogar, llamado en este caso la *caja de fuego*, hasta el otro estremo, donde hay una capacidad llamada *caja de humo*, en la cual se encuentra la chimenea.

Fig. 257.

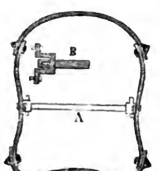


Fig. 258.

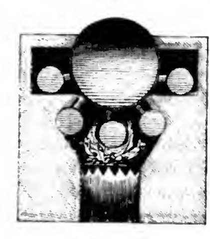


Fig. 259.



568. Grueso de las calderas. Será fácil calcular el grueso de las calderas sabiendo la resistencia que puede sufrir un grueso dado del metal, y teniendo presente que las calderas cilíndricas se rompen en direccion de su longitud, pues se demuestra que en esta direccion es en la que presentan menos resistencia; pero en algunos paises la ley marca el grueso que han de tener las calderas segun su radio y su presion interior: en Francia marca la ley de 22 de mayo de 1843 el grueso en la forma siguiente: se multiplica por 18 el diámetro medido en metros y fracciones de él, y se multiplica el producto por el número de atmósferas menos 1 que tiene de

presion el vapor en el interior de la caldera; el resultado se divide por **10** y al cociente se le añaden **3**: la suma es el grueso en milímetros; así resulta mas de **10** veces mayor que el teóricamente necesario para resistir: por ejemplo, para una caldera de $0^{m},9$ de diámetro que ha de contener vapor á una presion de **6** atmósferas, se calculará el grueso multiplicando $18 \times 0^{m},9 = 16,2$; este producto se multiplica por $6 - 1 = 5$ atmósferas, y es $5 \times 16,2 = 81$; se divide por **10** y es $81 : 10 = 8,1$, que añadiendo **3** da **11,1** milímetros para el grueso. La misma ley manda que ninguna caldera tenga un grueso mayor de **15** milímetros, lo que limita la presion ó el diámetro. Para las calderas de cobre sirve la misma fórmula que para las de hierro, pero si el resultado no fuera segun se ha dicho mayor que el necesario, deberia darse mas grueso á las de cobre, por ser este metal de menor tenacidad (**152**).

569. Tamaño de las calderas. El tamaño de las calderas está determinado por el vapor que deben producir, teniendo presente que el grueso y naturaleza del metal no influyen en la cantidad del vapor formado, y sí solo la superficie que recibe el calor radiado por el combustible y la que está en contacto con el aire caliente en los conductos de humo, á cuyas superficies, segun ya hemos dicho, se da el nombre de superficie de caldeo. Las calderas construidas con todas las buenas condiciones posibles dan **16** á **18** kilógramos de vapor en cada hora por metro cuadrado de superficie de caldeo, ó **6** á **7** de vapor por cada kilógramo de hulla quemado; deberemos pues tomar para los cálculos un medio entre estos números, contando sin embargo que por lo menos la mitad de superficie de caldeo ha de recibir el calor radiado por el combustible: por ejemplo, una caldera que deba producir **100** kilógramos de vapor en cada hora contando **17** kilógramos por metro cuadrado, tendrá $100 : 17 = 5,88$, ó sean **6** metros cuadrados de superficie de caldeo, repartida de modo que **3** metros estén sobre el combustible y otros **3** en los conductos de humo. Fijado el diámetro, se tantea con estos datos la longitud de la caldera para que tenga la superficie calculada, y si tiene tubos hervidores, contando su superficie como recibiendo el calor radiado ó el contacto del aire caliente, segun estén colocados.

570. Incrustaciones en las calderas. El agua al convertirse en vapor deposita en la caldera los cuerpos que tiene en disolucion, los cuales se adhieren al fondo y la hacen quemar, porque recibe y retiene el calor que pasaria al agua si estuviera en contacto con ella. Muchos medios se han propuesto para evitar estas incrustaciones tan perjudiciales, ó para hacer que no se adhieran fuertemente: lo mejor para disminuir los depósitos es alimentar con el agua que ha salido en vapor, despues que se condensa; pero cuando esto no es posible, ó aun siéndolo, para evitar que el depósito se adhiera con mucha fuerza, se echan en la caldera patatas ó salvado, y mejor que esto arcilla muy bien desleida en el agua, para que no forme poso; estos cuerpos interpuestos en el depósito formado, disminuyen su adherencia y se puede estraer con facilidad, para lo cual se introduce un hombre en la caldera y la limpia y registra al mismo tiempo, lo que debe hacerse cuando se crea oportuno segun la calidad del agua. Se ve por lo dicho la necesidad de buscar aguas lo mas puras posible para alimentar las calderas.

571. Aparatos que acompañan á las calderas. Una caldera de vapor necesita varios aparatos, tanto para funcionar como para evitar los peligros de una esplosion: estos aparatos varian mucho en sus formas; pero en la

imposibilidad de presentar todos los usados, pues esto seria objeto de un tratado especial y de mucha estension, indicaremos los mas á propósito, para dar idea exacta de su uso y modo de funcionar.

572. Aparato de alimentacion. El primero y mas importante aparato en una caldera es el de alimentacion, ó sea el destinado á introducir el agua en su interior para que se convierta en vapor; y como el desprendimiento de este suele ser contínuo, es preciso que la entrada del agua lo sea, ó por lo menos que las intermitencias sean cortas, para que no varie mucho el nivel en la caldera. En las de baja presion son sencillos los aparatos. Suponiendo el depósito del agua mas alto que la caldera, un simple tubo que se abre y cierra con una llave hará entrar el agua para alimentar. Otro aparato mejor que este tubo, porque alimenta por sí solo, consiste (*fig.* 260) en un flotador *A*, sostenido por la varilla *B* que atraviesa la caldera, y viene á engancharse en el estremo de una palanca *C* que tiene un contrapeso *D* en el otro estremo; esta palanca va unida á una llave *N* que se abre ó cierra con los movimientos del flotador; cuando baja el nivel se abre la llave y entra el agua que viene por *H*; cuando el nivel sube, se cierra la llave y el agua no entra. En las calderas de alta presion es necesario bombas impelentes, ó aparatos en que se haga una presion sobre el líquido, que venza la que tiene el vapor; la *figura* 261 es una bomba que produce buen efecto; al elevar el émbolo *A* la válvula *B* se abre, y pasa el agua aspirada por *C* á llenar el espacio *D* y demás conductos; al bajar el émbolo *A*, la válvula *B* se cierra, y abriéndose la *E*, pasa el agua por *F* á la caldera; las dos cubiertas *N* estan sujetas con los tornillos *H* de presion, para poder registrar facilmente las válvulas, y el émbolo se mueve en una caja de estopas *P*. Esta caja de estopas se emplea mucho, y por tanto la daremos á conocer con algunos detalles: unida al aparato, sea el que quiera, hay una caja *R* de mayor capacidad que el émbolo ó la pieza que por ella ha de pasar; en el fondo de esta caja en *P* se colocan trenzas de estopa, y encima entra la pieza anular *S*, terminada en su parte inferior en ángulo para que comprima mejor la estopa; entre las golas de las piezas *R* y *S* pasan fuertes tornillos *T* con sus tuercas, que comprimen tanto como sea necesario: así el émbolo se mueve frotando en las estopas y el vapor no sale; si las cajas son pequeñas, puede entrar á tornillo la pieza *S* en la *R*, y así se supone en *M* de la *fig.* 260.

Fig. 260.

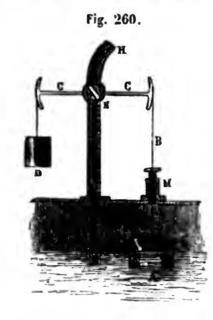
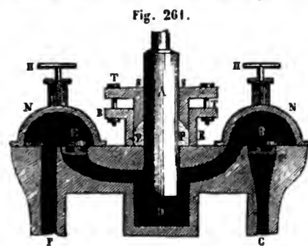


Fig. 261.



573. Indicador de nivel. Un aparato necesario en las calderas es el indicador del nivel que el agua tiene en ellas, pues si está bajo, la parte de caldera que se encuentra sin agua se halla en contacto con el aire caliente en los con-

ductos de humo y se quema ó deteriora pronto, y además puede haber una formacion rápida de vapor al hacer entrar el agua que falta, y resultar una esplosion. La ley francesa que antes hemos citado (568) manda que el nivel del agua se encuentre lo menos 1 decímetro sobre el borde superior del conducto del humo; tambien tiene inconvenientes el que esté demasiado llena la caldera, pues en este caso queda poco espacio para el vapor, y además se lleva este mas agua arrastrada mecánicamente. El aparato de nivel mas sencillo consiste (*fig.* 262) en dos tubos *A* y *B* que entran en la caldera; el *A* termina un poco mas arriba de donde ha de llegar el nivel y el *B* un poco mas abajo; abriendo la llave *C* debe salir vapor, de lo contrario el nivel está alto, y abriendo la *H* debe salir agua, pues si no, está bajo: no es á propósito este método para alta presion, pues el agua sale con mucha fuerza y quema al que va á registrar. El aparato *fig.* 260, que se ha modificado de muchos modos, indica tambien el nivel; y además, sustituyendo al tubo de alimentacion un soporte cualquiera, queda solo para indicador de nivel. La *figura* 263 es otro nivel, que consiste en un tubo de cristal *A* en comunicacion con la caldera por sus dos estremos y por medio de los tubos metálicos *B* y *C;* el agua se coloca en el tubo *A* al mismo nivel, pues el vapor y el agua pasan al tubo con la misma presion que tienen. Cuando son las calderas de alta presion, se pone una varilla desde el tubo *B* al *C* sujeta con tuercas, para que impida que se desuna el tubo *A* de los *B* y *C* con la presion y se salga el vapor. Como es importante que el nivel del agua no baje en la caldera, se han inventado aparatos que advierten cuándo esto sucede, si por algun incidente la alimentacion se entorpece: uno de estos aparatos es el de la *figura* 264: consiste en un flotador *D* sostenido en la varilla *B*, la cual cierra una salida *C;* el contrapeso *N*, por medio de la palanca *A*, mantiene cerrada esta salida *C;* si baja el nivel del agua, pesa mas el flotador *D*, y venciendo á *N* baja la varilla *B* y abre la salida *C;* en este caso el vapor sale á un espacio en que encuentra los agujeros *R*, por los cuales se reparte, y sale despues por un pequeño canal circular; encima de este canal se encuentra el borde de una campana *S*, que el vapor hace vibrar, y produce un silbido mas ó menos agudo, advirtiendo que el nivel está bajo. Otro aparato moderno semejante al anterior es el que representa la *fig.* 265: un flotador *A*, hace subir ó bajar la varilla *B*, en cuyo centro se halla una barra de iman *C;* todo esto se encuentra en una caja cerrada por la válvula *H*, que tiene una espiga en su parte inferior que la une á la palanca *S H D*, y su punto de apoyo está en *S;* por la parte superior tiene tambien la válvula otra varilla

Fig. 262.

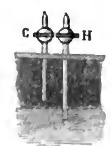


Fig. 263.

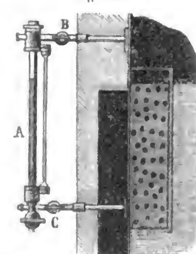
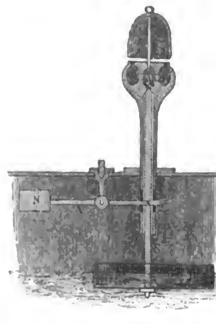
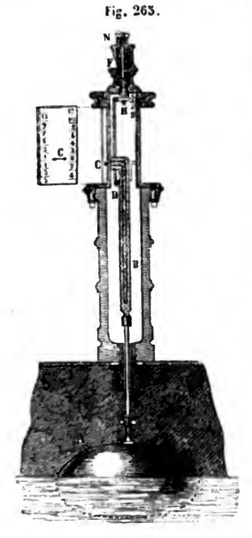


Fig. 264.



que sale al esterior, y que está sujeta con un resorte colocado dentro de la caja *N*, que mantiene la válvula cerrada: si el nivel sube ó baja, la pieza *C* se mueve dentro del aparato y hace mover en la parte esterior, con su fuerza como iman, una pequeña aguja que señala en una plancha de cobre numerada, y cubierta con un cristal, el nivel del agua en la caldera; esta plancha se representa de frente al lado de la figura: si baja el nivel tanto que llegue al límite del que no debe pasar, la pieza *C* se engancha en la palanca, en una espiga saliente *D*, y venciendo la fuerza del resorte *N*, abre la válvula y deja pasar al vapor, que encuentra una salida *F* cuyo borde vibra y produce el sonido de un silbato: si el nivel sube demasiado, una pieza unida á la barra *B* por la parte opuesta á *C*, tropieza en *S* con la palanca *H*, y tambien se abre la válvula produciendo el silbido; si es necesario producirle por cualquier causa, no hay mas que comprimir en *N* y se abre la válvula. La ley francesa manda que las calderas tengan un aparato de los que indican con un silbido cuándo baja el nivel hasta el límite á que debe llegar.

Fig. 263.



574. Presion. Es necesario saber la presion del vapor en la caldera, y para ello se emplean manómetros, pero ya los hemos dado á conocer con toda la estension necesaria (217).

575. Aparatos de seguridad. Todos los aparatos que hemos indicado son necesarios para que la vaporizacion se produzca con regularidad, pero además necesitamos otros de seguridad, pues la fuerza elástica del vapor aumentada por cualquiera causa hasta llegar á ser mayor que la resistencia de la caldera, la hará romper, produciendo la dilatacion instantánea del vapor, una fuerza que arrojará los pedazos con violencia, haciendo tambien que el edificio sufra los funestos efectos de la esplosion. Ocupémonos pues de la parte de seguridad.

576. Edificio. Las leyes antiguas de Francia mandaban que el recinto donde se colocaran las calderas estuviera formado de paredes de 1 metro por lo menos de grueso, que no tuviera una capacidad menor que 27 veces la de la caldera, y con ventanas que se abrieran hácia fuera; la ley mas moderna, que antes hemos citado, no dice lo mismo, pero prohibe colocar las calderas dentro de las casas y talleres, á no ser que la presion sea pequeña, y señala tambien la distancia á que deben estar colocadas de la via pública y habitaciones segun los casos: puede consultarse esta ley, pero debe tenerse presente que el cuarto de calderas debe estar aislado, con ventanas que se abran hácia fuera, de una capacidad lo menos de las 27 veces el volumen de la caldera, y que han de estar lo mas lejos posible de las habitaciones y de la via pública. Una ley debiera fijar, como en otros paises, todo lo respectivo á seguridad en este punto.

577. Válvula de seguridad. Además del grueso mandado por la ley

para las calderas, de que ya nos hemos ocupado (568), hay otros aparatos de seguridad en que interviene tambien la ley, de los que es uno la *válvula de seguridad*, aplicable en otros casos, por ejemplo, en la *prensa hidráulica* (282). Este aparato es una salida que tiene el vapor en la caldera, tapado con una válvula que se abre cuando en el interior se produce una presion determinada. La *figura* 266 representa la válvula cargada directamente con los pesos *B*, y por lo tanto necesita debajo una presion algo mayor que la formada por estos pesos para abrirse y dejar salida por *A* al vapor; si estos pesos equivalen á la presion de 2 atmósferas, cuando la interior esceda de 3, vencerá la presion del aire y la de los pesos *B*, y el vapor saldrá, no pudiendo por consiguiente pasar la presion en la caldera de este límite. Para no poner tanto peso se dispone (*fig.* 267) una palanca *A*, que está fija en el punto *D*, estremo de la varilla *N*, y hace presion en *H*; arreglando los brazos convenientemente, podrá con un pequeño peso resultar la presion necesaria. En las calderas de locomotoras suele ponerse en lugar de peso un resorte (*figura* 268): el tubo *A* está fijo en *B* y tiene dentro un resorte unido á la varilla *D* por el estremo *C;* esta varilla termina por la parte superior en un tornillo, y entra por un taladro que tiene en su estremo *E* la palanca *EF;* una tuerca *H* hace subir la varilla *D* y fuerza al resorte, que hará mas presion cuando *D* salga mas del tubo *A;* para conocer esta presion tiene la varilla unas señales que se marcan sometiendo el resorte á presiones conocidas: la palanca *E* comprime la válvula *N*. Este sistema es mas cómodo y mejor para máquinas que se mueven, pero en las fijas son preferibles las que antes hemos dado á conocer, porque el resorte puede variar en su elasticidad (100), y además se puede con facilidad aumentar la presion y resultar inconvenientes. A veces se pone el aparato entero en cajas cerradas para que no puedan variarse los pesos. El diámetro de la válvula para que pueda dar salida á todo el vapor que se forma y evitar la esplosion, se calcula segun la ley francesa de 1843 del modo siguiente: se divide la superficie de caldeo medida en metros cuadrados, por el número de atmósferas disminuido en 0,412; se busca despues un número que multiplicado por sí mismo nos dé el que hemos encontrado, y este último número, multiplicado por 2,6, nos da en centímetros el diámetro de la válvula circular que buscábamos. De este modo resulta que si queremos encontrar la superficie del orificio en lugar del diámetro, multiplicaremos la superficie de caldeo medida en metros cuadrados por 5,31 y dividiremos el producto por el número de atmósferas menos 0,412. Por ejemplo, en una caldera de 12 metros cuadrados de superficie de caldeo, y en la que el vapor se encuentra á 5 atmósferas, tendríamos para diámetro de la válvula 12:(5—0,412)=2,6155; el número que multiplicado por sí mismo da mas próximamente este cociente es 1,61, porque 1,61×1,61=2,5921, y otro número mayor escede bastante: ahora 1,61×2,6=4,19, y este número es el de cen-

Fig. 266.

Fig. 267.

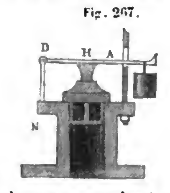
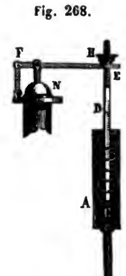
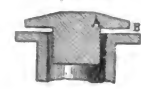


Fig. 268.

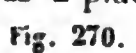


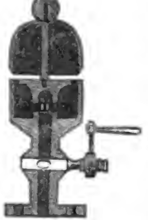
tímetros que debe tener el diámetro buscado. Si queremos calcular la superficie de la válvula será $(12 \times 5,31):(5-0,412)=13,85$, que será en centímetros cuadrados la superficie que buscábamos. La ley indicada, manda que toda caldera lleve dos válvulas del diámetro dado por la fórmula, colocando una en cada estremo de la caldera. Determinado el diámetro, falta saber la carga que debe llevar para no abrirse sino á la presion necesaria; para este cálculo se multiplica el número de atmósferas de presion menos una, por el de centímetros cuadrados de superficie, y este producto, por el peso de 1 atmósfera sobre 1 centímetro (244), que es $1^{k},033$, esto nos dará la carga en kil.; en el ejemplo anterior sería el peso $4 \times 13,85 \times 1,033=57^{k},228$. Si suponemos una palanca como *A* (*fig*. 267) para cargar la válvula, que sea la longitud total de 20 pulgadas y la distancia desde el apoyo *D* hasta la resistencia *H* de 2 pulgadas, la carga al estremo de la palanca (48) será $2 \times 57,228:20=5^{k},7228$. Un fenómeno particular se produce al salir el vapor de la válvula de seguridad; si esta tiene un reborde *AB* (*fig*. 269) al salir el vapor se cierra la válvula en lugar de abrirse; este fenómeno se esplica por la dilatacion que sufre el vapor al estenderse en el anillo que forma el reborde, cuya dilatacion disminuye la presion del vapor lo suficiente para ser menor que la de la atmósfera, por lo que vence esta y no deja elevarse la válvula: resulta, que deberá hacerse muy pequeño el reborde para que la válvula se abra sin dificultad; en la ley francesa se manda que este reborde no pase de la trigésima parte del diámetro de la válvula y en ningun caso esceda de 2 milímetros. En el ejemplo que antes hemos propuesto, debería ser lo mas de $4^{cm},19:30=1^{mm}39$.

Fig. 269.



578. Placas fusibles. Además de las válvulas de seguridad, se ha empleado otro medio de precaucion; consiste en hacer á la caldera una abertura, y taparla con una plancha metálica formada de una mezcla de metales que funde á la temperatura correspondiente al vapor á ciertas presiones: por ejemplo, si el vapor de la caldera no debe esceder de 5 atmósferas, como á esta presion su temperatura (421) es 153,08°, se pone una placa que funda á esta temperatura, de modo que si llega el vapor á las 5 atmósferas, funde la placa y se sale, disminuyendo la presion. Las leyes francesas antiguas mandaban que además de las válvulas llevaran las calderas 2 placas fusibles, una que fundiera á 10 grados mas que la temperatura que toma el vapor á la mayor presion que hubiera de tener en la caldera, y otra á 20° mas; la ley de 1843 no dice nada de estas placas y no se usan en el dia, por eso no entraremos en mas detalles.


Fig. 270.



579. Silbato ó pito. Otro aparato usado en las calderas, y particularmente en las locomotoras para hacer señales perceptibles á distancia, es el *pito de vapor*, cuyo sonido se oye á pesar del ruido que naturalmente produce un tren en movimiento. La *figura* 270 es el pito usado en las locomotoras, enteramente igual en la parte que produce el sonido, al esplicado (*fig*. 264): abriendo la salida, el vapor viene á la caja por *a* y *b* á chocar en el borde de la campana *N*, y en este borde forma el sonido.

580. Válvula de presion esterior. Deben llevar las calderas, y la

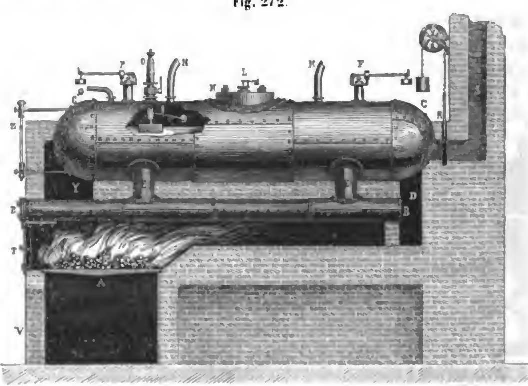
ley francesa lo previene para las de los barcos, una válvula que se abre de fuera á dentro para que entre el aire cuando se apaga el fuego y se condensa el vapor en el interior, pues la presion de la atmósfera podria deformar la caldera; se dispone de muchos modos, y puede hacerse como indica la *figura* 271: una pequeña válvula *A* se mantiene cerrada por el contrapeso *B*; la presion interior la comprime y cierra con fuerza, pero si cesa esta presion, la de la atmósfera abre la válvula venciendo al contrapeso, y se introduce el aire en la caldera.

Fig. 271.

581. Prueba. La ley francesa manda que antes de establecerse una caldera se pruebe por medio de una bomba, cargando las válvulas para que sufra, cuando es de chapa de hierro ó cobre, una presion 3 veces mayor que la que deba sufrir ordinariamente, 5 veces mayor cuando es de hierro fundido, y las locomotoras con una presion solo doble.

582. Tubos conductores. Los tubos que conducen el vapor desde la caldera deben tener el diámetro conveniente para dejar pasar solo la cantidad necesaria; puede calcularse su diámetro, pero hay reglas prácticas de muy buenos resultados. En las calderas de baja presion no hay inconveniente en dar á los tubos una seccion grande; hay calderas de esta especie que tienen 1 decimetro de diámetro: en las de alta presion se determinará este añadiendo $1^1/_2$ á 35 para cada 25 kil. de vapor que deban pasar por hora; el resultado nos dará el diámetro en milímetros: por ejemplo, para que deje pasar 300 kil. por hora tendrá $35+(300:25)\times 1^1/_2=53$ milímetros. Estos tubos se hacen de hierro fundido si son de mucho diámetro, y si no, de hierro dulce ó cobre, rodeándolos en todo caso de un cuerpo mal conductor, cuidando tambien de que no tengan curvas que por su forma den lugar á depósitos del agua que resulta por el vapor condensado, que obstruyan el paso. Si los tubos son largos, se ha de compensar la dilatacion.

Fig. 272.



583. Caldera completa. La *figura* 272 es una caldera de vapor completa: en *A* se encuentra el hogar con su puerta *T* y el cenicero *V*: el humo pasa á *D*, y

por los conductos de humo *Y*, la rodea hasta que sale á la chimenea *S*, que puede cerrarse mas ó menos con el registro *R*. La caldera *C* comunica por los tubos *E* con los hervidores *B* (567); tienen dos válvulas de seguridad *F* y *P* (577); el agujero de hombre es *H*, en el que está la válvula *L* para entrada del aire (580); en *O* tiene un aparato lo mismo que el de la *figura* 264, para indicar cuándo baja demasiado el nivel del agua en la caldera; además tiene el aparato de nivel *Z*, como el de la *figura* 263; el tubo *M*, es para la alimentacion y el *N* para dar salida al vapor hasta donde sea necesario; el pequeño tubo *Q* está en comunicacion con un manómetro para indicar la presion, el cual debe hallarse colocado cerca de la caldera.

CAPITULO VIII.

DESTILACION.

584. Destilacion. Cuando la vaporizacion se hace con objeto de separar dos cuerpos que tienen diferente temperatura de ebullicion, sabemos que se la da el nombre de *destilacion* (417). Esta operacion necesita aparatos que se diferencian de los de vaporizacion.

585. Partes de un alambique. En un aparato destilatorio, llamado por lo general *alambique*, hay que considerar tres partes: una es la caldera ó recipiente donde se coloca el líquido, otra es la cubierta donde se reune el vapor, y otra el condensador ó espacio donde este vapor se convierte en líquido ó sólido.

586. Cálculos para calentar el líquido. La caldera se coloca en un hornillo con sus conductos de humo y demás partes, segun queda esplicado en las de vapor, y sus dimensiones se calcularán como hemos dicho para el agua (569); buscaremos la cantidad de calor necesaria para evaporar 1 kil. del liquido, y comparando con el agua tendremos el combustible, superficie de caldeo y demás partes del hogar. Supongamos que hay que destilar 40 arrobas de vino con 5 por 100 de alcohol, ó sea 460 kil. próximamente; en las 40 arrobas hay 2 de alcohol ó sean 23 kil., pero la esperiencia ha demostrado que para destilar todo el alcohol, es necesario evaporar próximamente la 4.ª parte del vino, es decir, 10 arrobas en el caso presente, ó sean 115 kil. de agua y alcohol, que es lo que se llama aguardiente; de estos 115 kil. son 23 de alcohol, luego el resto $115-23=92$ son de agua: segun esto, para la destilacion propuesta hay que reducir á vapor 23 kil. de alcohol y 92 de a ua, y calentar el líquido restante, que será agua, ó $460-115=345$ kil., á 100°: calculemos al combustible necesario para convertir en vapor 23 kil. de alcohol, y para esto veamos qué calor necesita este liquido para convertirse en vapor desde 0 grados: su temperatura de ebullicion (430) es 79°, de modo que si su capacidad calorífica fuera igual á la del agua, 1 kil. de alcohol necesitaria 79 unidades de calor para pasar desde 0 á la ebullicion; pero la capacidad calorífica del alcohol (406), es 0,622; luego siendo la capacidad calorífica 1, el número de unidades es 79; cuando esta capacidad sea 0,622, el número de unidades será $1:79::0,622:x=79\times0,622=49$ próximamente: el calórico latente del vapor de alcohol (418) es 332, de modo que sumando las dos cantidades, ten-

dremos 49+332=381 calorías que necesita 1 kil. de alcohol para pasar á vapor desde 0. Sabido esto, calculemos la cantidad de combustible necesaria en la destilacion propuesta, suponiendo que sea hulla. Con 381 calorías se forma 1 kil. de vapor de alcohol; con 640, que son las necesarias para convertir en vapor 1 kil. de agua, se formarán 381 : 1 : : 640 : x=640 : 381=1ᵏ,68, de modo que con el calor que se forma 1 kil. de vapor de agua, se forman 1ᵏ,68 de vapor de alcohol; luego con el calor que se forman 6 kil. de vapor de agua que es 1 de hulla (569), se formarán 6×1,68=10ᵏ de alcohol: en el ejemplo propuesto hay 23 kil. de alcohol; de modo que será 23 : 10=2ᵏ,3 la hulla necesaria: además para 92ᵏ de agua contando por cada kil. de hulla 6 de vapor, serán 92 : 6=15ᵏ,3; para calentar á 100° los 345 kil. de agua, necesitaremos 345×100=34500 calorías, y dividiendo por las que produce 1 kil. de hulla, tendremos los necesarios para calentar el agua; sabemos que 1 kil. de hulla produce 7500 calorías (501), pero no se aprovecha todo este calor porque hemos contado que solo da 6 de vapor, que son 6×640=3840 calorías; luego se pierde el resto del calor, que es la mitad próximamente, y por lo tanto debemos contar solamente 3800 calorías aprovechadas de cada kil. de hulla: así el agua para calentarse necesita 34500 : 3800=9 kil., y sumando todo el combustible necesario para la operacion resultan 2ᵏ,3+15ᵏ,3+9ᵏ=26ᵏ,6 de hulla. Para superficie de caldeo tenemos que si cada kil. de hulla produce 6 de vapor de agua, los 26,6 kil. producirian 26ᵏ,6×6=159ᵏ,6 suponiendo todo agua; y como cada metro cuadrado produce 17 de vapor (569), los metros cuadrados necesarios serán 159,6 : 17=9ᵐ,4: si en lugar de hulla fuera leña, contando que esta produce la tercera parte del calor de aquella próximamente (501), se tendrian 26,6×3=79ᵏ,8 ó sean escasas 7 arrobas. En este cálculo hemos supuesto el vino como mezcla de agua y alcohol, y que las temperaturas suben desde 0, porque es evidente que no deben tenerse en cuenta todas las circunstancias particulares, variables en cada momento ni es necesario, en cálculos semejantes. De lo dicho resulta que cuando se trata de destilar líquidos diferentes del agua, tendremos presente el cálculo que hemos hecho para solo el alcohol; y si se trata de un líquido mezclado con agua, nos servirá el cálculo del ejemplo propuesto para el vino. La capacidad de la caldera se conocerá por la superficie de caldeo y el líquido que ha de contener, teniendo en cuenta que la superficie es la que influye en la vaporizacion, y no el volumen.

587. Condensador. El vapor se reune en la parte superior de la caldera, y desde allí pasa al *condensador*, donde vuelve al estado líquido; por lo tanto es necesario que este condensador tenga la suficiente superficie, para que por ella se trasmita al esterior todo el calórico latente y el vapor pase al estado líquido: para calcular esta superficie es necesario saber qué cantidad de calor puede pasar por hora y metro cuadrado de condensador; los esperimentos hechos al efecto han dado que 1 metro cuadrado de superficie de diferentes metales en contacto con el aire á 15 grados, condensa por hora una cantidad de vapor de agua que se espresa en la siguiente tabla, en kilógramos y sus fracciones.

Plancha de hierro..............	1,82
Fundicion.....................	1,80
Vidrio........................	1,76

Cobre........................	1,40
Hoja de lata.....	1,07

Además se ha visto que cado metro cuadrado de cobre en contacto con agua de 20 á 25° condensa por hora 107 kil. de vapor de agua; con estos datos hay que calcular la superficie, sabiendo primero la cantidad que se ha de condensar. En el problema antes propuesto se vaporizan 115 kil. de líquido, de los cuales son 23 de alcohol y 92 de agua: supongamos que el condensador es de cobre y se enfria con agua á 15°; como el cobre condensa 107 kil. por metro cuadrado con una diferencia de temperatura de 100 á 20°, es decir, de 80°, y aquí suponemos una diferencia de 100 á 15° ó sea de 85°, admitiendo como cierto que los cuerpos se enfrian en razon de las diferencias de temperatura (378) á falta de otros datos mas exactos, tendremos que si con 80° de diferencia se condensan 107^k, con 85 se condensarán $80:107::85:x=113^k,7$, de modo que contaremos con este número de kil. de vapor de agua por metro, y como hay que condensar 92, tendremos que si $113^k,7$ se condensan con 1 metro, 92 se condensarán con $113,7:1::92:x=$ $=92:113,7=0^m,81$: los 23 kil. de alcohol al condensarse dejan $332\times23=7636$ unidades (418), luego para saber la superficie de condensador que necesitan, tenemos que 1 metro cuadrado deja pasar en las condiciones propuestas el calor de $113^k,7$ de vapor de agua, que son $113,7\times540=61398$ unidades; luego si estas unidades pasan por 1 metro, las 7636 del alcohol pasarán por la cantidad que resulta de la siguiente proporcion: $61398:1::7636:x=7636:61398=0^m,12$: sumando las dos cantidades resultan $0^m,81+0^m,12=0^m,93$ para superficie de condensador: será conveniente aumentar algo esta superficie por las causas de error que el cálculo lleve consigo. Cuando el condensador está al aire, la renovacion de este se hace por sí misma, pues el aire calentado por el contacto del condensador se eleva y es reemplazado por otro frio: el cálculo se hará en este caso como en el anterior, teniendo cuidado tambien al establecer el condensador, de ponerle en sitio donde el aire circule libremente. Puede fijarse la cantidad de agua que se necesita para tomar el calórico que deja el vapor, y calentarse hasta la temperatura mayor que hayamos fijado: en el ejemplo propuesto, si el agua entra á 8 grados y sale á 22, será 15 la temperatura media, que es la supuesta, y el aumento de temperatura del agua 14°; las calorías que tiene que tomar son $92\times540=49680$ del vapor de agua y 7636 del de alcohol, que son $49680+7636=57316$; puesto que el agua sube 14 grados, se necesita 1 kil. por cada 14 calorías (360); luego para las que han resultado se necesitarán $57316:14=4094$ kil. de agua. La renovacion no debe hacerse de una vez, sino sucesivamente, pues cuando el agua de la parte inferior llegue á la temperatura á que nos propongamos renovar, la de la parte superior estará mucho mas caliente.

588. Condiciones del condensador. El condensador debe estar dispuesto de manera que el aire que contiene al principio de la operacion sea espulsado completamente, pues no siendo así, disminuye mucho la cantidad de vapor condensado; es tambien necesario que se pueda limpiar en su interior: cuando el condensador está en agua, se debe tener presente al renovarla, que la mas caliente habrá subido á la parte superior por su menor densidad, y por lo tanto que debe sacarse de arriba el agua que se renueva, haciendo entrar la fria por la parte inferior.

589. Pequeñas destilaciones. Cuando se trata de una pequeña destilacion se puede colocar el líquido en una retorta *A* (*fig.* 273), en donde se produce el vapor que pasa á un tubo *B*, y de él á un recipiente *C* que está en agua, y puede tener encima un paño mojado; el tubo *B* está dentro de otro *D* que tiene un diámetro suficiente para que resulte un espacio entre los dos *B* y *D*, que se cierra con dos corchos en sus estremos, ó de otro modo cualquiera· á este espacio entra agua desde el recipiente *H* por medio de un tubo que la lleva á la parte inferior, y sale por la mas alta por medio de otro tubo *N*: es evidente que *H* debe estar á mayor altura que la parte mas elevada del tubo *D*.

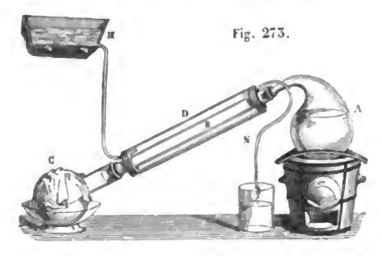
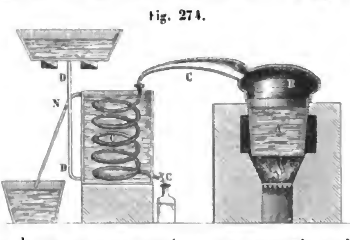
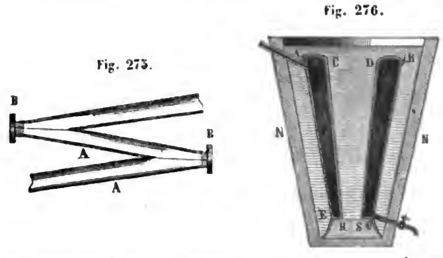


Fig. 273.

590. Alambiques de mediana capacidad. El alambique mas en uso está formado de un vaso cilíndrico *A* (*fig.* 274) de bastante altura, tapado con un casco *B* que ajusta bien y comunica con un largo tubo *C*, que tiene la superficie necesaria para la condensacion, el cual, para que ocupe menos sitio, se tuerce en espiral: este tubo está dentro de un recipiente que recibe agua por un conducto *D* en su parte inferior y la deja salir por otro *N* de la superior; así la renovacion se hace de una manera contínua, y se reemplaza el agua haciendo salir la mas caliente.

Fig. 274.


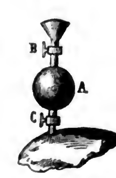
591. Varios condensadores. El condensador en serpentin no se limpia facilmente, y por eso puede formarse de tubos rectos *A* (*fig.* 275) unidos en ángulo, y con tapones *B* de tornillo en los vértices. Otro condensador facil de construir, y que se limpia bien, es el de Gedda (*figura* 276): consiste en dos conos de metal *AEOB* y *CRSD*, uno dentro de otro, que dejan entre sí un espacio *EP* que sirve de condensador; este aparato se coloca en una cuba *N*, en la que se renueva el agua como hemos dicho (590); las dimensiones que para este condensador aconseja su autor son las siguientes: fijando el diámetro *AB* superior del cono mayor segun el tamaño que haya de tener el condensador, se le da á este cono una altura

Fig. 275. Fig. 276.


$2^1/_2$ veces el diámetro *AB*, el *EO* es $^4/_7$ del mismo; el diámetro *CD* es $^7/_{10}$ y el *RS* la mitad: por ejemplo, si damos al cono mayor un diámetro en su parte superior de 2 pies ó 24 pulgadas, su altura será $(2^1/_2)\times 2=5$ pies; el diámetro inferior será en el cono mayor $^4/_7\times 24=13^5/_7$ pulgadas; el diámetro mayor del cono interior será $^7/_{10}\times 24=16{,}8$ pulgadas, y el inferior $^1/_2\times 24=12$ pulgadas, quedando por tanto en la parte superior un espacio entre los dos cilindros de 7,2 pulgadas, y en la inferior de $1^5/_7$ pulgadas. Otras muchas formas se han dado á los condensadores, pero son mas complicadas, ó no producen tan buen efecto, ó son apropiadas á casos particulares.

592. Destilacion á pequeña temperatura. Si conviene destilar un líquido á menos temperatura que la de su ebullicion, se puede hacer la operacion en el vacío, para lo cual el alambique se construye de modo que cierre exactamente sin que permita entrada al aire por ninguna parte, incluyendo el serpentin y el vaso donde este vierte el líquido condensado (*fig.* 274); al empezar la operacion se abre una llave que se pondrá en el vaso *C*, y el vapor espulsará el aire de todo el aparato; despues, cerrada la llave, se pone el agua que ha de enfriar el condensador, y reducido á líquido el vapor que contiene, disminuye la presion en el interior del aparato y se hace la vaporizacion á menos temperatura (424): esto disminuye la cantidad de combustible necesaria, pues solo habrá que elevar el líquido á la temperatura á que se vaporiza con esta presion menor (419), y aunque el ahorro no es grande, puede este método ser bueno, si no como económico, por otras circunstancias. Para renovar el líquido en la caldera á medida que se vaporiza, sin que entre aire y sea preciso repetir la operacion de hacer el vacío, puede colocarse sobre la caldera un recipiente (*fig.* 277) con dos llaves *B* y *C;* si hay que introducir líquido en la caldera se cierra la llave *C* y se llena el recipiente *A*, y despues, cerrando la *B*, se abre la *C* y el líquido cae á la caldera sin que el aire entre.

Fig 277.

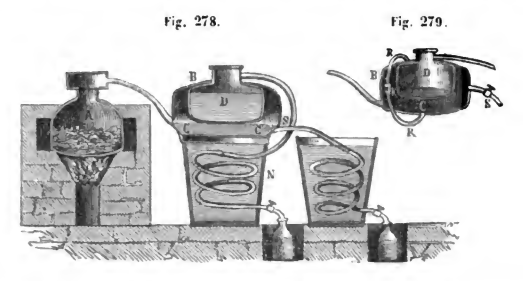


593. Destilacion en baño. Si se necesita una temperatura constante para la destilacion, se pone la caldera del alambique en un líquido que se vaporice á aquella temperatura, y si no le hay, á mayor; es evidente que de este modo la caldera no tomará mas temperatura que la del baño: para 100 grados tomaremos el agua, que es lo que se llama baño de María; para algunos grados mas, el agua con sales en disolucion (428); y para mayores temperaturas, el aceite ú otros cuerpos, y tambien los metales fundidos.

594. Aparatos para aprovechar el calor de condensacion. Para aprovechar en la misma destilacion el calor desprendido por el vapor condensado, se han dispuesto varios aparatos: uno de estos (*fig.* 278) se compone de la caldera *A* igual á la de los demás alambiques, la cual comunica por medio de un tubo con otra doble caldera *B;* el vapor de *A* pasa al espacio *C* y calienta la caldera *D*, pasando despues al serpentin *S*, donde acaba de condensarse; en la caldera *D* se pone líquido que se destila por el calor del vapor que viene de *A*, el cual pasa desde esta caldera *D* al serpentin *N*, donde se condensa; generalmente se pone en *D* líquido del que ha resultado antes en *A*, para hacer una segunda destilacion y tenerle concentrado; tambien para este caso se puede hacer la caldera *B* como

marca la *figura* 279; desde el espacio *C* al *D* se coloca un tubo *R* con una llave *K*, y en el tubo *S*, que está mas arriba que en el caso anterior, se pone otra llave en *C*; se condensa mucha parte del vapor en la caldera *A*, y va resultando líquido del que debe destilarse en *D*, y para pasarle á este espacio desde *C* se cierra la llave de *S* y se abre la *K*; en tal caso la presion del vapor de *A* hace subir el líquido por el tubo *R* á la caldera *D*; cerrando luego *K* y abriendo *S*, sigue la destilacion. Se puede

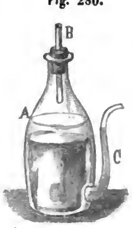
Fig. 278. Fig. 279.



ambien, para aprovechar el calor, usar en vez de agua en la cuba del condensador, el mismo líquido que debe pasar á la caldera, y así irá caliente; pero en este caso es necesario cerrar la cuba y hacerla comunicar con otro segundo condensador colocado en otra cuba, donde se condensen los vapores del líquido que enfria el serpentin primero: si en la segunda cuba se pone todavía del líquido que se destila, se cerrará tambien, y hará comunicar con un tercer condensador como la primera.

595. Recipiente florentino. En la destilacion de aceites esenciales suele emplearse para recojer el líquido condensado, un recipiente que se conoce con el nombre de *recipiente florentino* (*figura* 280). Consiste en una botella en la cual cae por el tubo *B* el líquido condensado, que es agua y aceite esencial; pero este último es mas ligero y sube á la parte superior: cerca del fondo de la botella hay un pico *C* donde entra el líquido y va subiendo en él como en *A*; pero siendo siempre agua el líquido del fondo esta será la que se eleve en el pico: cuando el nivel del líquido sea tan alto que llegue á la punta, se sale agua y el aceite va quedando cada vez en mayor cantidad, y sin poderse volatilizar por encontrarse en un espacio enteramente cerrado.

Fig. 280.



Otros muchos aparatos se suelen usar para las destilaciones en grande escala, algunos muy complicados, pero no es de este tratado el presentarlos, pues su estudio pertenece á obras especiales y de mas estension.

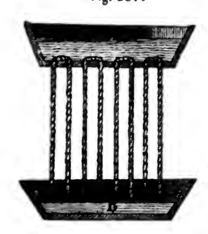
CAPITULO IX.

EVAPORACION.

596. Evaporacion. Así hemos llamado (417) á la formacion de vapores cuando se producen solo en la superficie del líquido y lentamente.

597. Evaporacion al aire libre. Puede efectuarse la evaporacion al aire libre; una cantidad de aire que no tiene la porcion de vapor que corresponde á su temperatura y presion, le toma en el contacto del líquido hasta llegar á cierto grado de saturacion en el cual, mas ligero que el aire restante, se eleva y es reemplazado por otro, que á su vez toma nueva cantidad de vapor; de aquí resulta que las circunstancias favorables á la evaporacion en este caso serán: aire seco, mucho movimiento ó renovacion de él, grande estension de superficie en el líquido, y temperatura elevada en el aire y en el líquido. Puede secarse el aire antes de hacerle llegar á la superficie del líquido obligándole á pasar por cuerpos que le quiten su humedad; tambien se puede poner el aire en movimiento, y de esto nos ocuparemos despues; la superficie se puede aumentar de muchos modos, por ejemplo poniendo el líquido en vasos de poco fondo y grande estension, ó dividiendo el líquido por cualquier medio, siendo uno el de hacerle caer entre ramages menudos puestos en montones elevados, que es el método empleado en algunas salinas para concentrar las aguas saladas; tambien pueden dividirse los líquidos haciendo que caigan por la superficie de cuerdas suspendidas en el aire (*fig.* 281): en el recipiente *A* se echa el líquido que sale por unos agujeros de su fondo, escurriendo por cuerdas pasadas en estos mismos agujeros, pero dejando espacio para la salida del líquido; este despues de evaporado cae al recipiente *B*. La evaporacion al aire libre es naturalmente la mas económica, pero en cambio es la mas insegura y no aplicable en todos los casos; un tiempo húmedo puede retardar la operacion muchos dias y además hay sales que solo pierden una parte del agua que contienen, y el aire no puede quitársela toda; al contrario, algunas la toman del aire cuando no tienen la suficiente (434); fácil es conocer que las sales delicuescentes no pueden obtenerse tampoco en estado de sequedad al aire libre.

Fig. 281.



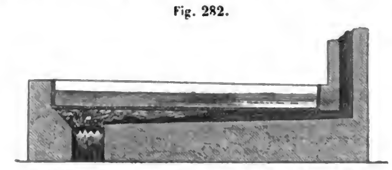
598. Evaporacion por una corriente de aire forzado. El aire puede ponerse en movimiento produciendo una corriente que pase sobre la superficie del líquido que se ha de evaporar, y para ello pueden emplearse ventiladores, fuelles ó bombas (262, 270), y tambien otros medios de que nos ocuparemos al tratar de la ventilacion. Este método es el mas económico despues del de la evaporacion al aire libre; pero en uno y otro es necesario tener datos exactos del estado higrométrico del aire en el punto donde se haya de efectuar la evaporacion, pues un aire muy cargado de humedad producirá muy poco efecto, siendo este variable

naturalmente, no solo en cada localidad sino en las diferentes épocas del año: tambien será conveniente escojer las estaciones favorables, y si es posible interrumpir la operacion en las que no lo sean.

599. Evaporacion por el calor. Elevando la temperatura, se produce mayor cantidad de vapor, de modo que si colocamos un hogar debajo del vaso que contiene el líquido, ó si hacemos pasar por esta parte los restos de la combustion de otro hogar, tendremos una porcion de vapor formado sin llegar á la temperatura de ebullicion. Tambien podrá calentarse el aire que ha de pasar sobre el líquido, y en tal caso se llevará mas agua en vapor. La cantidad de calor que necesita un líquido para convertirse en vapor sabemos que es la misma á todas las temperaturas (419); pero al calcular el combustible, es necesario contar la pérdida de calor por el aire que se calienta y la radiacion del agua. Varios físicos han tratado de fijar la cantidad de calor que el agua necesita para convertirse en vapor á diferentes temperaturas contando con estas pérdidas; aunque no han sido los esperimentos tan concluyentes que puedan suponerse los números dados como enteramente ciertos, se toman sin embargo á falta de otros mas exactos; para evaporar 1 kilógramo de agua ha resultado que se necesitan á 20 grados 1381 calorías, á 50 grados 1026, y á 90 grados 732: estos números marcan el notable aumento de combustible evaporando á bajas temperaturas, por cuya razon para evaporar deberá elevarse el líquido hasta la temperatura mayor posible, que es la de ebullicion, si el cuerpo no exije temperatura mas baja por sus circunstancias particulares.

600. Aparatos de evaporacion por el calor. Las calderas que se emplean para evaporar son en general (*fig.* 282) de una grande estension superficial y poca profundidad, porque la superficie es la que produce el vapor y no la masa del líquido; el hogar se calcula por el agua que se ha de evaporar en una hora, y se pone en un estremo de la caldera dejando libre el fondo de esta para que el aire caliente circule por debajo de él hasta salir á una chimenea al estremo opuesto: este sistema produce los mejores resultados. En las salinas de Dieuze hay establecidas calderas de dimensiones muy grandes; el humo circula sin obstáculo por debajo de ellas hasta la chimenea, y están cubiertas en la parte superior para que el vapor salga tambien á la misma chimenea; vamos á presentar números que den á conocer cuatro de las calderas de este establecimiento, para que sirvan como ejemplo en evaporaciones semejantes.

Fig. 282.



Calderas	Largo	25 metros.
	Ancho	5
	Alto	0,50
	Número de ellas	4
	Superficie de caldeo de cada una	125 mets. cuads.

Rejilla		Largo	1m,4
		Ancho	0,80
		Distancia desde la puerta	2,40
		Cantidad de hulla por decímetro y hora, á ebullicion	0k,64
Chimenea comun á las 4 calderas		Altura	18 metros.
		Lado de base	1
		Lado de la seccion superior	0,6
Hulla	Para 100k de sal	A temperatura de ebullicion	36 á 38k
		A menor temperatura	42 á 44
		Efecto útil por kil. á ebullicion	7,k50 de vapor.
		Quemada por hora y met. cuad. de caldeo	24, kil.
Temperatura		Del aire al entrar en la chimenea	100°
	Del líquido	Si sobre el hogar, es	80°
		Al estremo de la caldera	50 á 60°

Suelen ponerse tambien varias calderas unas á continuacion de otras, y un hogar debajo de la primera: el humo pasa por debajo de las otras y empieza la evaporacion en ellas aprovechando el calor que se habia de perder; el líquido pasa de una á otra por medio de llaves, sifones ó de cualquier otro modo. Cuando la evaporacion produce cuerpos sólidos que cristalizan y van al fondo, las calderas se queman mas facilmente que las de vapor (570); para evitar esto se han hecho de varias formas, pero reducidas todas á calentarlas lateralmente donde no hay depósito. En las fábricas de salitre hacen uso de unas calderas (*fig.* 283) que se calientan por la parte inferior y lateral, pero colocan dentro de ellas una calderilla de alambre *A*; el líquido que se calienta por las paredes laterales de la caldera asciende por ellas arrastrando mecánicamente la sal cristalizada, y desciende por el centro (395), donde encuentra la calderilla *A*, en la que deposita los cristales que resultan de la evaporacion. En algunas fábricas de azucar se emplean las calderas llamadas de báscula (*fig.* 284), que son bastante chatas, en las que despues de hecha la concentracion se tira de la cadena *A*, y la caldera se eleva apoyada en *B*, vaciándose inmediatamente.

Fig. 283.

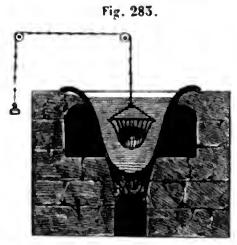
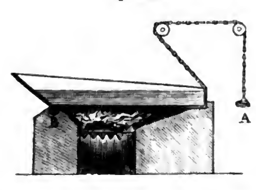


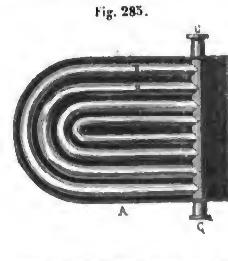

Fig. 284.

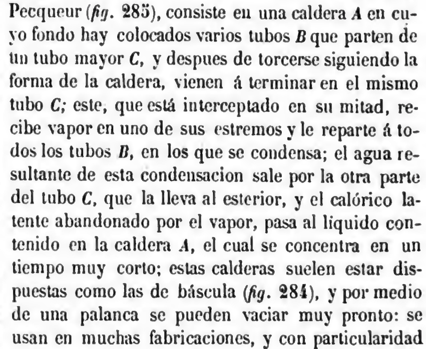


601. Evaporacion por el vapor. Un aparato en que el vapor se condense en una parte de él cediendo su calor á otra parte donde se encuentra el líquido que se ha de evaporar, es evidente que producirá el efecto de los aparatos de evaporacion por el calor, con la ventaja de poderle dar al líquido solo la canti-

dad de calor necesaria, aunque sea mucha, por la grande cantidad de calórico latente que deja el vapor al condensarse; además la temperatura de este vapor podrá ser la que se necesite ni mas ni menos, pues á la presion ordinaria tendrá 100°, pero aumentando la presion podrá tener la que se le quiera dar. Muchos son los aparatos en que se emplea el vapor con el objeto de evaporar; vamos á describir dos de estos, de género enteramente distinto, que podrán servir de modelo. Uno, debido á

Fig. 285.





Pecqueur (*fig.* 285), consiste en una caldera *A* en cuyo fondo hay colocados varios tubos *B* que parten de un tubo mayor *C*, y despues de torcerse siguiendo la forma de la caldera, vienen á terminar en el mismo tubo *C*; este, que está interceptado en su mitad, recibe vapor en uno de sus estremos y le reparte á todos los tubos *B*, en los que se condensa; el agua resultante de esta condensacion sale por la otra parte del tubo *C*, que la lleva al esterior, y el calórico latente abandonado por el vapor, pasa al liquido contenido en la caldera *A*, el cual se concentra en un tiempo muy corto; estas calderas suelen estar dispuestas como las de báscula (*fig.* 284), y por medio de una palanca se pueden vaciar muy pronto: se usan en muchas fabricaciones, y con particularidad en las de azúcares, habiendo reemplazado á otros aparatos mas costosos y complicados; de una que funciona perfectamente hemos tomado los siguientes datos.

Longitud mayor de la caldera...........	1,35
Ancho............................	1,35
Altura...........................	0,35
Grueso............................	0,005
Número de tubos, ...10 doblados ó	20
Diámetro esterior de los tubos...........	0,05
Diámetro esterior del tubo grueso.......	0,09
Diámetro interior....................	0,08
Grueso....	0,005
Distancia entre los tubos...............	0,015
Distancia de los tubos al fondo........	0,02
Presion del vapor....................	5 atmósferas.
Su temperatura........	153°

Otro aparato que hemos visto emplear en alguna fábrica de azucar belga, es el llamado *cono evaporatorio* de Lembeck; consiste en un cono de metal doble *A* (*figura* 286), que recibe vapor á la presion de 4 á 5 atmósferas por un tubo unido al *S*, saliendo el agua de condensacion por otro tubo unido al *N*: en el interior tiene otros pequeños conos *B* terminados en la parte inferior en unos dientes de sierra, y muy próximos á la superficie caliente del cono grande interior; el líquido cae en el vaso *C* y por las salidas *D* se esparce en el interior del aparato, en donde forma una capa delgada por tener que pasar por el espacio que dejan los dientes de los co-

nos *B:* en la parte esterior tiene otros conos *H*, que producen el mismo efecto que los del interior; el líquido concentrado se recoje en *R*, y el aparato está dividido en su interior en dos partes, de modo que el vapor que entra por *S* recorre todo el interior antes que el agua de condensacion salga por el tubo *N*. Se usan igualmente para concentracion las calderas de doble fondo, que tambien se calientan por el vapor; pero de estos aparatos nos ocuparemos mas adelante para otra aplicacion.

Fig. 286.

N S

602. Otros aparatos. Otros aparatos se han usado para la evaporacion, ya empleando corrientes de aire caliente ó frio, ya produciendo el vacío por medio de la condensacion de una porcion de vapor introducido en ellos, ya por otros varios medios. Roth, Pelletan, Degrand, Derosnes, Pecqueur y otros se han ocupado de esta parte de la industria, dando aparatos cuya aplicacion mas inmediata ha sido á la concentracion de los jugos en la fabricacion del azucar, logrando hacerle en tiempo muy corto, que era el problema que trataban de resolver; pero todos estos aparatos no pueden ser examinados en este tratado, pues pertenecen á obras especiales que se ocupan de la fabricacion del azucar ó de la evaporacion en particular: además, muchos de ellos se encuentran en el dia abandonados por su complicacion y escesivo coste.

CAPITULO X.

DESECACION.

603. Desecacion. Ocurre en muchos casos tener que secar un cuerpo, que puede estar en forma que presente grande superficie, como telas, papel y demás cuerpos semejantes, ó dividido, como granos, féculas y otros; en todo caso es necesario que la desecacion se haga con prontitud y economía, reduciéndose el problema á evaporar el agua contenida en los cuerpos con estas condiciones. Los medios empleados son el aire en su estado natural, el sol ó el aire caliente.

604. Agua que retienen diferentes cuerpos. Para que pueda servir de dato en las desecaciones, hemos pesado varios cuerpos en el estado en que se llevan al secador, y despues los hemos vuelto á pesar perfectamente secos; los resultados obtenidos son los siguientes, siendo 1 el peso en seco.

	PESO MOJADO.	CANTIDAD DE AGUA QUE CONTIENE.
Tejidos finos de hilo (batistas)	1,73	0,73
Lienzos finos (irlandas)	1,95	0,95
Lienzos ordinarios (lonas)	1,97	0,97
Tejidos finos de algodon (muselinas)	2,77	1,77
Mas gruesos (percales)	2,05	1,05
Tejidos finos de lana (muselinas)	2,32	1,32
Id. gruesos (paños)	1,99	0,99
Sedas	1,82	0,82
Papel	2,15	1,15
Carton	1,84	0,84
Cola fuerte	6,85	5,85
Pastas (fideos, macarrones)	1,55	0,55
Cebada germinada para fabricacion de cerveza	1,97	0,97
Féculas, almidon antes de enjugarse	2,94	1,94

605. Desecacion al aire libre ó al sol. El método mas económico para secar es naturalmente el aire libre ó el calor del sol; así, tratándose de telas, por ejemplo, será un buen secador, una galería en la parte alta del edificio ó fábrica, en donde puedan colgarse las piezas al lado del sol desde una barandilla; tambien se ponen en las fábricas que hay espacio para ello, tendederos en un campo inmediato, los cuales son simplemente listones de madera apoyados á una altura que puedan alcanzar facilmente los obreros, y las telas pasan de uno á otro colgando en sus intérvalos. Otro medio empleado para secar al aire es hacer en la parte alta del edificio un tendedero, cerrando con persianas los cuatro vientos; de este modo podrá dejarse entrar el aire ó no, y evitar el sol si es que daña á la operacion, como en la fabricacion de cola; estos secadores son á veces la parte mas estensa é importante del edificio, como sucede en las grandes escabecherías. El método de secar al aire ó al sol se podrá usar en muchas provincias de España en que los dias secos y de sol claro son bastantes; pero si la desecacion ha de ser continua ó por lo menos en todas las estaciones, ó si la naturaleza de los cuerpos no permite esponerlos al aire libre ó al sol, hay que emplear el aire caliente, aprovechando sin embargo, siempre que sea posible, estos medios naturales de secar, aunque se tengan establecidos secadores de aire caliente.

606. Desecacion por el aire caliente. Ya sabemos que el aire que no se halla saturado puede tomar el vapor que le falta, y por esta razon puede secar en su estado de presion y temperatura ordinaria: pero aun cuando se encuentre completamente saturado, si se le calienta, no lo estará, y podrá tomar la cantidad de vapor que le falta para saturarse (419) á la temperatura á que haya llegado. Hay que tener presente que la cantidad de vapor que el aire puede contener aumenta mas que la temperatura, porque vemos (422) que á 10° por ejemplo 1 metro cúbico de aire está saturado con 9g,7; á 5 grados mas, esto es, á 15°, necesita 13g·

es decir, 3g,3 mas; á 5 grados mas, ó sea á 20°, contiene 17g,1, que son 4g,1 mas, en lugar de ser, como para los 5° anteriores, 3g,3: de todo esto resulta, que si calentamos el aire aun cuando se encuentre completamente saturado, y le hacemos pasar en contacto de los cuerpos mojados, les tomará una porcion de agua tanto mayor cuanto mas elevada sea la temperatura, y sacaremos mas partido del combustible, cuanto mas caliente salga el aire, pues para calentarle á mayor temperatura emplearemos menos combustible que el que emplearíamos para calentar todo el aire que se llevara la misma cantidad de agua en vapor á temperaturas mas bajas. Todavía podemos convencernos de la ventaja que produce el dejar salir el aire lo mas caliente posible, porque calculando el efecto que puede producir 1 kilógramo de hulla, suponiendo el aire á diferentes temperaturas, contando el calor perdido encontraremos que es el siguiente.

30°...........................	6k,31
40...........................	6,80
50...........................	7,12
60...........................	7,76
70...........................	8,19
80...........................	8,43

No es decir que es este el efecto que se puede obtener en un secador, porque hay causas de pérdida de calor que en los cálculos no se pueden apreciar con exactitud; pero si estos números no representan en la práctica el efecto util de 1 kil. de hulla, serán proporcionales á él.

607. Cantidad de aire que debe entrar en el secador. Tratando de calcular la cantidad de aire que debe entrar en el secador para evaporar una cantidad de agua dada, tendremos que suponer el aire esterior á la temperatura que se encuentra generalmente, y considerarle enteramente saturado, que será el caso mas desfavorable; suponiendo que este aire sale del secador á una temperatura dada, calcularemos qué cantidad de él se necesita para saturarse con el agua que se desea evaporar, y cuánto calor pierde para evaporarla, de donde sacaremos la cantidad de aire y la temperatura á que debe entrar: supongamos que disponemos un secador en que se pueden colocar 20 piezas de percal, ó sean 800 varas, y se trata de secarlas en dos horas; pesada una pieza como debe entrar en el secador, encontraremos su peso de 6 kil.; luego las 20 piezas pesarán 120 kil; la tabla (604) nos da que si pesa el percal mojado 2,05, tiene de agua 1,05; luego 120 tendrán $2{,}05:1{,}05::120:x=61^{k},46$ de agua, y como queremos secar en dos horas, contaremos por hora 31 kil. de agua á evaporar. Supongamos que el aire ha de salir del secador á 40°; necesitamos determinar la cantidad que debe entrar para llevarse los 31 kil. y cuál deberá ser su temperatura al entrar para que, despues de dar el calor que necesita la evaporacion del agua, quede todavía á los 40°. Para la cantidad de aire supongamos que en el esterior está á 10°, y para escojer la circunstancia mas desfavorable, que se encuentra enteramente saturado; en este caso contiene cada metro cúbico 0k,0097 de agua (422), y á 40° puede tener 0,k0492, luego cada metro cúbico calentado de 10 á 40° puede evaporar una cantidad de agua igual á la

diferencia entre las cantidades que le saturan á estas dos temperaturas, que será 0,0492—0,0097=0k,0395: pero se han de evaporar 31 kil.: luego si toma 0k,0395 cada metro cúbico, los 31 kil. necesitarán 0,0395:1::31:x=31:0,0395=785: esta es la cantidad de aire que debe entrar en el secador para salir á la temperatura de 40 grados con los 31 kil. de agua. Sería necesario reducir este volumen de aire al que tendria en el esterior para saber la cantidad que se debia calentar, pero no hacemos esta reduccion, dejando el esceso de aire que resulta para compensar las pérdidas que puede haber en la práctica.

608. Temperatura del aire al entrar en el secador. Para calcular la temperatura á que debe entrar el aire en el secador, es necesario reducirle á peso, y primero para esto averiguar el volumen á 0° del aire que tenemos á 40°, pues á esta temperatura sabemos el peso de 1 metro cúbico; el volumen de los 785 metros á cero (371) será 785:(1+0,003665×40)=685, y el peso (225) de este volumen 685×1k,3=890k,5. Para evaporar los 31 kil. de agua que nos hemos propuesto, necesitamos (418), á 640 por kil., 640×31=19840 calorías, que deben pasar con el aire que entre en el secador; ahora, sabemos que 1 kil. de agua se eleva 1 grado por cada caloría (360), luego con las 19840 su temperatura sería un número igual de grados: pero en lugar de 1 kil. son 890,5; luego el número de grados á que se elevaria esta cantidad será menor tantas veces como la misma cantidad espresa, ó 19840:890,5=22°,3: pero el aire, cuya capacidad calorífica es la cuarta parte de la del agua (407), se elevará con el mismo calórico á una temperatura 4 veces mayor, y será 4×22,3=89°,2; es pues necesario que el aire que entra en el secador esté á 89°,2 y pierda todo su calor hasta bajar á cero, para convertir en vapor los 31 kil. de agua que hay que evaporar; pero como nos hemos propuesto que el aire salga á 40° debe llevar este calor mas, y entonces será necesario que entre á 89,2+40=129°,2 para perder el calor que ha de evaporar el agua y quedar á los 40°. Calculada la temperatura que necesita el aire al entrar en el secador, veremos si es demasiado elevada para los cuerpos que se han de secar, pues en la mayor parte de los casos esta consideracion limita la temperatura de salida.

609. Cantidad de combustible y demás cálculos. Calculemos el combustible necesario: la temperatura desde 10°, á que hemos supuesto el aire esterior, hasta 129°,2, que contaremos igual á 130, á que debe entrar en el secador, es 130—10=120°, y este es el número de grados que ha de darse al aire; si fuera agua (360) necesitaria 120×890,5=106840; pero como es aire solo necesitaremos la cuarta parte (407), ó 10680:4=26715 calorías; este número dividido por la cantidad de unidades de calor que puedan contarse en el combustible que se emplee, segun el aparato de que se haga uso, nos dará la cantidad de combustible, y de aquí la superficie de caldeo y demás datos que necesitamos. Si por ejemplo es un aparato colocado fuera del secador, solo contaremos el 80 por 100 del calor util del combustible á causa de las pérdidas en el tránsito; si es hulla, y suponemos un aparato semejante á una caldera de vapor en el aprovechamiento del calórico, ya hemos visto que se debe tomar solo la mitad del producido por el combustible (586), que será (501) para hulla 7500:2=3750, y el 80 por 100 de esta cantidad 3000 unidades: luego si cada kil. de hulla da este número, necesitaremos 26715:3000=9 kil. próximamente para calentar el

aire todo que ha de entrar en el secador. Tengamos presente que los números que hemos determinado son por cada hora. Para que entre la cantidad de aire calculada, buscaremos la seccion de la chimenea (552) que da salida al aire del secador, hallando su volumen á 40° y el del vapor que ha tomado, y esta seccion arreglará la cantidad que debe entrar.

610. Punto donde se calienta el aire. Puede calentarse el aire en el mismo secador poniendo dentro el combustible, y en este caso se aprovecha mayor cantidad del calor que produce, pero circunstancias particulares hacen este método poco aplicable; en efecto, el combustible tiene que ser de los que no producen humo, y el cuerpo que se ha de secar no alterable por los gases que resultan, y aun en este caso los gases serán dañosos para los obreros, que no podrán permanecer en el secador para cuidar los cuerpos que se están secando, si se quema mucho combustible: por todas estas razones será necesario, en la mayor parte de los casos, calentar el aire fuera del secador por medio de aparatos que mas adelante estudiaremos, y hacerle entrar ya caliente, contando que hay una pérdida de 20 por 100 de su calor, como hemos hecho en el ejemplo propuesto (609).

611. Secador para granos. Cuando hay que secar granos se emplean diferentes secadores; y como la principal aplicacion de este caso es la de secar y tostar la cebada germinada con que se fabrica la cerveza, vamos á presentar un tostador muy en uso, y que no solo seca, sino que tuesta tambien hasta el punto necesario (*figura* 287). Se compone de un hogar *A* cubierto con un arco de fábrica *B* para impedir que caiga al combustible cualquier cuerpo que al quemarse produzca humo; por las aberturas *C* sale el aire de la combustion y encuentra encima una tela metálica *D*, tupida y bastante resistente, sobre la que se coloca una capa de cebada: el aire caliente que atraviesa esta tela encuentra otras dos *F* y *H* mas arriba, y sale por la chimenea *O;* en las tres telas hay cebada, y cuando se quita la de la tela *D* por estar tostada se hace caer la de *F* á *D* y la de *H* á *F*, por puertecillas que se abren hácia abajo, y se pone cebada nueva en *H;* las puertas *S* son para arreglar el grano en las telas; los conductos *T* sirven para que, abiertos mas ó menos por medio de registros, dejen entrar aire frio, que mezclado con el caliente que sale del hogar arregle la temperatura: tambien sirven para que salgan por ellos las raices y pajas que pueden caer de la tela *D;* generalmente esta tela está en un piso de la fábrica y el hogar en el de mas abajo sin comunicacion.

Fig. 287.



612. Secadores para cuerpos en polvo. Para este caso puede servir de modelo el que vamos á describir (*fig.* 288). Una cámara mas ó menos grande está dividida en tres partes formando dos torrecillas *A* y un espacio *B* en el centro; en la parte inferior *C* de las torrecillas se pone el aparato, sea el que quiera, para calentar el aire; este aire sale á recorrer el interior de las torrecillas siguiendo el camino que forman los tableros *O*, hasta que sale por las chimeneas:

el cuerpo que se ha de secar se pone en el primer tablero superior desde el piso *B* por la puerta *H*, y se hace bajar de uno en otro tablero, para lo cual un obrero en *D* por ejemplo, le hace bajar desde el tercer tablero al cuarto con una raedera, y despues del segundo al tercero, donde le estiende bien: otro obrero colocado en *N* le habrá hecho pasar antes del cuarto al quinto, y luego estiende el que cae del tercero y así de los demas, siendo un mismo hombre el que vigila en las dos torres los mismos tableros; el que está en *B* pone el cuerpo mojado, y el de abajo le hace caer seco á *P*, que es donde se recoje de las dos torrecillas. Otro aparato, que puede construirse lo mismo en grande que en pequeño, es el de la *figura* 289, el cual necesita una fuerza que le ponga en movimiento, pero puede ser esta la de un solo hombre ó la de una máquina. Una caja ó cuarto cerrado *ABCD*, de mas ó menos estension, tiene en la parte inferior un calorífero *O*, que calienta el aire y le hace salir al secador; en este hay unos rodillos *H* entre los cuales se tienden telas sin fin *N*, que estan colocadas en la posicion marcada en la figura; el cuerpo que se ha de secar, cae por *T* á la primera tela, esta se mueve en direccion de la flecha, y por tanto deja caer de una manera continua el cuerpo que ha tomado, sobre la segunda tela, que tiene el movimiento marcado por la flecha; esta tela hace caer el cuerpo á la siguiente, y así de una en otra llega seco al espacio *P*. El aire caliente no puede seguir otro camino que el contrario al marcado por las flechas hasta llegar á la chimenea *B*, y así se aprovecha muy bien su calor. El movimiento puede darse con ruedas dentadas colocadas por la parte esterior, en un lado de las cabezas de los rodillos (*fig*. 290); por ejemplo, la rueda *A* se mueve por medio de un manubrio en direccion de la flecha y hará mover á *B* en direccion contraria, que es lo que se necesita en el secador, siendo en las demás el movimiento en sentido contrario unas de otras, como marcan las flechas.

Fig. 288.



Fig. 289.

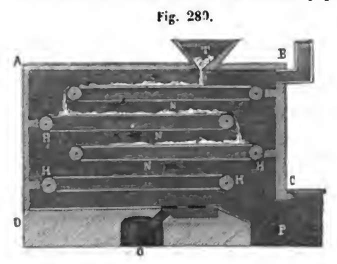
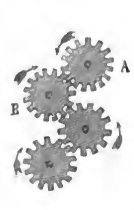


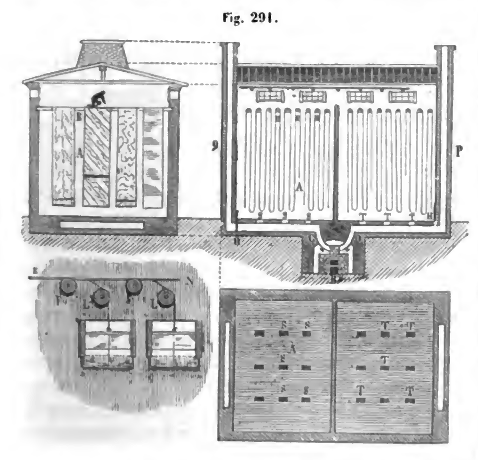
Fig. 290.



613. Secadores para cuerpos de mucha estension. Los secadores para cuerpos de mucha estension, como piezas de tela, por ejemplo, son salones cerrados, mas ó menos altos de techo, segun las dimensiones y número de las piezas que en ellos se han de colocar: el aire se calienta debajo del piso en cuevas ó estancias bajas, ó se aprovecha el calor perdido de algun hogar, y entonces está determinado el punto, pero de todos modos se hace entrar el aire caliente por el piso de la habitacion para que al ascender, como mas ligero, atraviese el secador:

si la salida del aire saturado se pusiese en la parte superior del secador, el aire que al entrar caliente se eleva al instante, marcharía por la salida sin haberse saturado, y no habria mas que una corriente establecida entre la entrada y la salida; pero si tiene que pasar á la chimenea por el piso del secador, el aire que se ha elevado tiene luego que descender, llamado por la chimenea, y así permanece mas tiempo en contacto con el cuerpo que debe secar. En la imposibilidad de describir los muchos secadores que pueden citarse, presentaremos uno que reune las ventajas y buena disposicion de varios otros (*fig.* 291). Un salon cerrado *A* tiene en una cueva debajo de su pavimento un calorífero *B*, ó sea un aparato para calentar el aire, que sale al secador por *C* estando cerrado *D*; cerrado tambien el registro *O*, el aire sale por las aberturas *S* á la mitad del secador, pasa en seguida á la otra mitad y se va á la chimenea *P* por las aberturas *T*: las telas están colgadas en listones *R* bastante resistentes para sostener á los obreros que las tienden. Naturalmente las telas colocadas en la mitad del secador, que recibe el aire directamente, se secan mas pronto, pues están en contacto de un aire mas caliente y menos saturado; por esto cuando están secas las de una mitad se cierra el registro *C*, se abre el *D* y el aire entra á la otra mitad por las aberturas *T*, para lo cual se habrá cerrado tambien el registro *H*; despues pasa á la otra mitad, donde se quitan las telas secas y se ponen otras mojadas, y levantando el registro *O*, el aire saturado se sale por las aberturas *S* y la chimenea *Q*: en este secador la operacion es contínua, y si se añade un corredor á la parte esterior, para colgar las telas al sol cuando sea posible, reunirá las condiciones de un secador completo. Las ventanas pueden abrirse ó cerrarse todas á un tiempo empleando un medio que hemos visto en práctica en algunas partes; la barra *NE* se mueve sobre las poleas *F* y sostiene unas cadenillas, que pasando por las poleas *L* sostienen las vidrieras *V*; tirando de la barra por el lado *N* se abren todas las ventanas mas ó menos segun se desea, pues las vidrieras pueden correr en dos canales laterales; tirando de la barra por el lado *E* se cierran todas.

Fig. 291.



614. Secadores de vapor. En algunos casos suelen hacerse cilindros metálicos que están en movimiento sobre sus ejes, y en ellos se introduce vapor; sus superficies calientes sirven para secar telas ú otros cuerpos semejantes: en la fabricacion de pap.' contínuo, un aparato de esta especie forma parte de la máquina

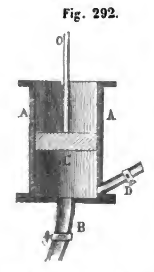
total para secar el papel fabricado. Suelen ponerse tambien una porcion de tubos fijos en los que entra el vapor, formando una estension en la que se coloca el cuerpo que se ha de secar: en la fábrica de tabacos de Paris secan el picado por este método. En las fábricas de estampados de telas suelen ser los secadores unas cajas del ancho de la tela que se ha de secar, y chatas, de modo que solo tienen una pulgada de grueso: estas cajas, perfectamente cerradas y puestas en comunicacion unas con otras hasta el número necesario, reciben vapor en su interior, y así forman una superficie de mucha estension, sobre la que pasa la tela al salir de los cilindros estampadores, y se seca de modo que la pintura no puede borrarse. Los aparatos descritos ó indicados podrán variarse en cada caso especial, y con ellos creemos que bastará para formar una idea exacta de esta aplicacion, pues hemos presentado sistemas que reunen las ventajas que en muchos hemos encontrado separadas.

CAPITULO XI.

MAQUINAS DE VAPOR.

615. Máquinas de vapor. Hemos examinado la formacion del vapor en aplicacione simportantes á la industria, pero faltan otras, y entre ellas una que veremos, aunque ligeramente; es esta, la grande aplicacion del vapor como fuerza motriz, ó sea aprovechando su tension: esa aplicacion tan fecunda en prodigiosos resultados, que está haciendo una revolucion completa en el mundo civilizado con las máquinas que pone en movimiento, las cuales trasmiten este para tantas y tan diversas aplicaciones; máquinas admirables, que lo mismo producen su efecto en un punto fijo, como marchando con una prodigiosa velocidad, ya sobre dos barras de hierro, borrando las distancias, ó ya surcando los mares sobre unas tablas, y haciendo vecinos los dos mundos que estos mares separan. Tan util y prodigioso invento ha sido envidiado de todas las naciones, y no es estraño que cada una suponga hijo suyo al inventor, citando nombres entre los que la España coloca á Blasco de Garay; pero digamos con Arago, que es un error suponer las máquinas de vapor como una sola idea perteneciente á un solo hombre, siendo lo mas exacto suponer que todas las ideas que han formado la máquina completa no pueden haber salido de la misma cabeza. Desde luego se concibe que solamente podremos dar una descripcion muy sucinta de las máquinas de vapor; trataremos sin embargo de hacer comprender su mecanismo del modo mas sencillo que nos sea posible.

Fig. 292.

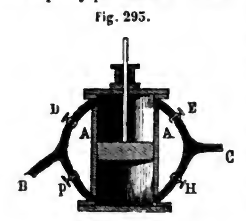


616. Máquinas de simple efecto. Supongamos (*fig.* 292) un cilindro *A* abierto por la parte superior, y que comunica con una caldera de vapor desde su parte inferior por medio del tubo *B*, y con el esterior por medio del *D;* supongamos cerrado este tubo *D* y abierto el *B;* el vapor llega al cilindro y su fuerza elástica vence la resistencia que le opone el piston *C* y le hace subir: cuando ha llegado á la parte superior, supongamos que se cierra el

tubo *B* y se abre el *D;* el vapor que se encontrará oprimido por el peso del piston *C* saldrá por *D*, y este piston *C* bajará; cerrando de nuevo *D* y abriendo *B* asciende *C* otra vez y de este modo continuará con un movimiento alternativo, que se comunicaria por medio de diferentes piezas á donde sea necesario. El mismo efecto se produciria si el cilindro estuviera cerrado solo por la parte superior y entrara el vapor en ella haciendo bajar el piston, para que despues una fuerza cualquiera le hiciera subir. Este es el principio en que están fundadas las máquinas llamadas de *simple efecto*, en las que, como se ve, el vapor obra solo en un lado del piston.

617. Principio en que se funda la máquina de doble efecto. Supongamos un cilindro cerrado *A* (*fig.* 293), que comunica por *B* con una caldera de vapor y por *C* con el esterior; cerremos las llaves *D* y *H* estando abierta *P* y *E*, y hagamos entrar el vapor, que pasará por *P* debajo del piston; este, impelido por la tension del vapor asciende, saliendo por *E* el aire ó vapor que haya en la parte superior; ciérrense en seguida las llaves *P* y *E* abriendo las *D* y *H;* el vapor entrará á la parte superior y el que hay debajo del piston saldrá por *H* á causa de la presion que el mismo piston produce al bajar: continuando de este modo tendrá el piston un movimiento alternativo que se podrá trasmitir á donde sea necesario para producir un efecto cualquiera. En el caso presente el vapor obra encima y debajo del piston, y las máquinas fundadas en este principio se llaman de *doble efecto*, que son, se puede decir, las únicas que se construyen hoy dia, pues las de simple efecto han sido abandonadas. Entendido lo dicho, pasemos á esplicar las diferentes partes de una máquina de doble efecto completa.

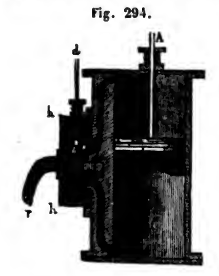
Fig. 293.



618. Máquinas segun la presion. El generador ó caldera del vapor queda esplicada anteriormente con todos sus detalles, y solo diremos que si de la caldera sale el vapor á la presion de 1 atmósfera ó poco mas, se llaman las máquinas de *baja presion*, si sale á mayor presion hasta 4 atmósferas, se llaman de *media presion;* y si á mayor que 4, se dicen de *alta presion*. El vapor entra en el cilindro, que es de hierro fundido, y el piston está perfectamente acondicionado para que ajuste exactamente á él, evitando en lo posible el frotamiento.

619. Aparatos de distribucion del vapor. Se concibe bien que el método que hemos indicado para introducir el vapor encima ó debajo del piston (617), no será el que se emplee, pues solo hemos querido hacer comprender el principio; pero en la práctica es necesario un sistema que produzca el mismo efecto de una manera mas sencilla, y que se produzca además por la misma máquina: varios son los sistemas de distribucion del vapor, pero tres los principales; uno de ellos es el siguiente (*fig.* 294). El cilindro tiene dos canales *a* y *b* que van á parar á un caja *h* unida al mismo, la cual es cerrada y comunica por *r* con la caldera; tiene además el cilindro un tercer conducto *c* colocado en

Fig. 294.



tre los dos *a* y *b* que comunica con el esterior: otra pequeña caja *n* que se mueve hácia arriba y hácia abajo por medio del vástago *d*, completan el aparato; el vapor llega por *r* á la caja *h* y en la posicion que marca la figura, entra por *b* al cilindro y hace subir el piston, el cual obliga al vapor de la parte superior á salir por *a* y *c* al esterior; habiendo subido el piston, baja la pequeña caja *n* movida por la misma máquina y hace comunicar el conducto *a* con la caja *h* y el *b* con el esterior por *c*, de consiguiente entra el vapor sobre el piston por *a* y sale el de debajo por *b* y *c*; subiendo despues la caja *n* se repite lo mismo; el movimiento alternativo del piston se trasmite el vástago *A* y á las demás partes de la máquina. Otro método de distribucion (*fig*. 295) consiste en unir al cilindro principal, por medio de dos tubos *H I*, otro cilindro de menor diámetro *A*, que tiene dos pistones *B* y *C* movidos por un mismo vástago *T*, y además un tubo *D* comunicando con la caldera y dos *E F* con el esterior; en la posicion que marca la figura, el vapor entra por *D* y *H* al cilindro, y sale por *I* y *F* al esterior; despues, adelantando hácia *I* los pistones por medio del vástago *T*, se pone en comunicacion *I* con *D* por donde entra el vapor al cilindro, y *H* con *E* por donde sale del mismo al esterior; resulta de lo dicho, que el vástago del piston toma un movimiento alternativo, esto es, sube y baja continuamente, ó se mueve del mismo modo en posicion horizontal. El tercer método de distribucion del vapor está representado en la *figura* 296: el cilindro *A* tiene una cubierta *B*, de modo que hay un espacio entre los dos cilindros concéntricos *A* y *B*; una caja *C*, que es la de distribucion, comunica con este espacio por dos conductos *S* y *D*, y en ella se encuentra otro cilindro *H* abierto por sus dos estremos, pero que adapta á la caja *C* con guarniciones de estopa *O*, el cual sube y baja movido por el vástago *N*; el vapor llega entre los dos cilindros *A* y *B* por el tubo *E* y en la posicion que marca la figura, pasa por *D* y *F* debajo del piston al que hace subir; pero el vapor comprimido de la parte superior sale por *P*, y como no tiene otro paso se va por el interior de *H* al tubo *R* que le conduce al esterior: supongamos ahora que sube el tubo *H*; en este caso queda *S* en comunicacion con *P* y entra el vapor sobre el cilindro, pero *F* está en comunicacion con *R*, de modo que el vapor contenido debajo del piston sale al esterior.

Fig. 295.

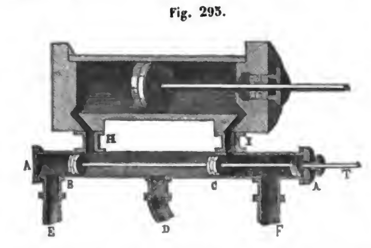
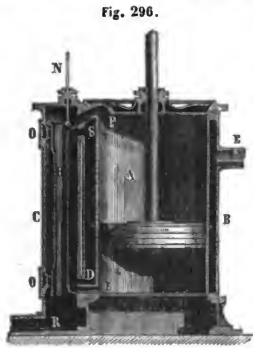


Fig. 296.



620. Condensador. El vapor que sale del cilindro pasa en algunas máquinas á una caja en donde entra agua fria en forma de lluvia por una regadera, y allí se condensa formando vacío y disminuyendo por tanto la presion en la parte del

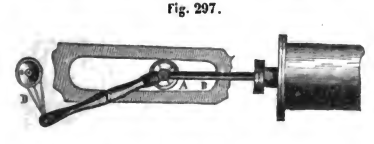
piston de donde sale el vapor, lo que facilita su movimiento; en este caso las máquinas se llaman de *condensacion.*

621. Espansion. Tambien hay máquinas en que el vapor cesa de entrar antes que el piston haya llegado al fin de su carrera; en este caso el vapor, que tiende á dilatarse por su fuerza espansiva, hace que el piston concluya su marcha, produciéndose por este medio una economía de vapor; estas máquinas son las que se llaman de *espansion.*

622. Medida para las máquinas. La fuerza de las máquinas de vapor se mide con la unidad llamada caballo de vapor (30).

623. Cambios de movimiento. El piston en el cilindro recibe un movimiento alternativo que en todas las máquinas, con cortas escepciones, se cambia en circular: vamos á indicar dos medios de hacer este cambio, que son los usados generalmente. Uno de ellos consiste en unir el vástago del piston á uno de los estremos de una palanca, apoyada en su centro, la cual toma el nombre de *balancin:* al otro estremo se une el de un vástago que recibe el nombre de *biela*, y está tambien articulado por el estremo opuesto á un manubrio llamado *manivela*, el cual está á su vez unido al arbol de la máquina: si el piston sube, la biela baja, y con ella la manivela, moviendo al arbol; si baja sucede lo contrario, y el arbol tambien se mueve; y para que este movimiento sea de rotacion, esto es, para que la manivela pase de un lado á otro, ó sea de los *puntos muertos* que serán los dos en que la biela y la manivela están en una misma línea, se une al arbol una gran rueda que, puesta en movimiento, hace con su velocidad que este paso se verifique; mas adelante veremos este cambio de movimiento sobre una figura. El otro medio (*fig.* 297) cambia el movimiento sin balancin; el vástago que sale del cilindro lleva en su estremo dos ruedas *A*, que se mueven en dos cajas como *B;* en el eje de las ruedas se articula una biela *C* unida á la manivela *D*, á la que hace girar con el arbol; este lleva tambien un volante para hacer pasar á la manivela de los puntos muertos.

Fig. 297.

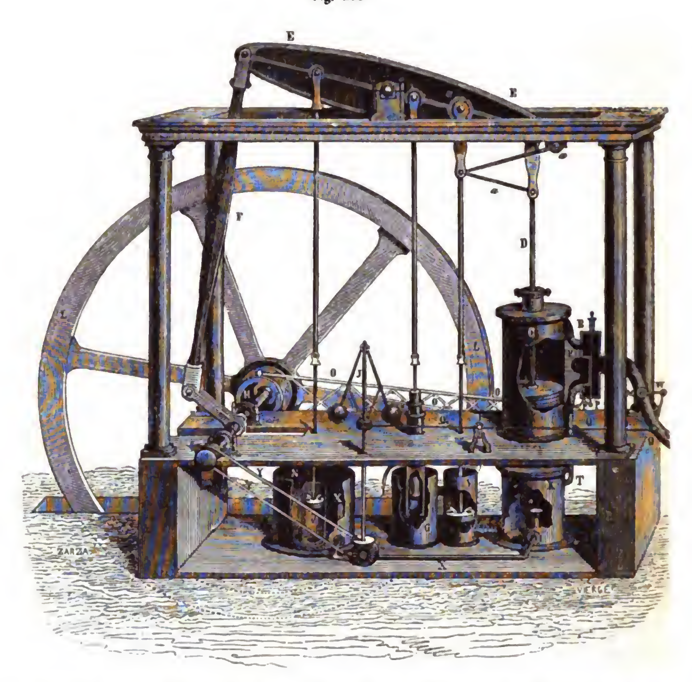


624. Diferentes sistemas de máquinas. Varios son los sistemas, es decir, las formas y detalles de las máquinas de vapor; las hay de Moudslay, que son en general de poca fuerza y no tienen balancin; de cilindro horizontal de varios constructores, en las cuales el vapor se distribuye por el método de los cilindros (*fig.* 295); las de Watt, que son de balancin con biela y manivela; de cilindro oscilante de varios constructores, en los que el cilindro está sobre un eje y tiene movimiento de oscilacion que hace servir el vástago de biela; y mas modernas, en las que el mismo movimiento oscilatorio distribuye el vapor; se disponen tambien las máquinas sobre ruedas para poderlas trasportar utilizando su fuerza en el punto donde es necesaria; finalmente, hay varios otros sistemas apropiados á los usos particulares de las máquinas, que sería muy largo enumerar.

625. Máquina de Watt. Para mejor inteligencia vamos á presentar completas las tres máquinas mas importantes, que son: la fija, la locomotora y la de navegacion, suponiendo rotas las diferentes piezas para que se vea su interior.

La *figura* 298 es una máquina fija completa del sistema de Watt; el vapor viene de la caldera por el tubo *A* y pasa á la caja de distribucion *B*, igual á la esplicada en la *figura* 294, de aquí pasa al cilindro *C*, y el piston cuyo vástago es *D*, sujeto al *paralelógramo a* para que se mueva vertical, comunica su movimiento al balancin *E*, el cual le comunica á la biela *F*, y esta á la manivela *R*, que produce un movimiento de rotacion en el arbol *H*, al que está unido el volante *L*; en el arbol *H* hay una escéntrica *S*, que por medio de una palanca *O*, formada de varillas, hace mover

Fig. 298.



el sistema de pequeñas palancas *P*, que suben y bajan la caja de distribucion; el vapor sale por el tubo *T* al condensador *K*, en que entra agua para la condensacion por una regadera que la toma del recipiente *N* por medio del tubo *X*, y este recipiente *N* la toma del esterior con la bomba *Z*, movida por el balancin *E*; del condensador *K* saca el agua á un segundo recipiente *V*, la bomba que en él se encuentra, movida tambien por el balancin, y este agua pasa á otro recipiente *G* de donde otra bomba, movida por el mismo balancin, la hace salir por medio del tubo *I* para alimentar la caldera ó para otro uso cualquiera: en un punto de la máquina donde

se cree mas conveniente se coloca el péndulo cónico *J* (36), movido por el arbol; en la figura se supone que recibe el movimiento por medio de la correa *Y* que le trasmite á un engranaje cónico; á este péndulo va unida la palanca *Q*, que tiene su punto de apoyo en *U* y mueve la otra palanca *W*, que está unida á la llave *M*, la cual da entrada al vapor en el cilindro, y por tanto la abre mas ó menos segun la velocidad, pues separándose las esferas del péndulo cuando la velocidad es grande, elevan la palanca *Q* por el lado de *J* y baja por el otro, haciendo que la palanca *W* cierre en parte la llave *M* para que entre menos vapor y disminuya la velocidad. Se concibe que dentro de este mismo sistema pueden las diferentes piezas estar colocadas en muy distintas posiciones, variar las trasmisiones de movimiento, faltar el condensador, y en fin, modificarse de varias maneras; pero lo que hemos dicho nos parece será suficiente para comprender el modo de funcionar de las diferentes piezas de una máquina de vapor, y entenderemos una cualquiera, aunque esté dispuesta de distinto modo ó sea de otro sistema que la que hemos presentado.

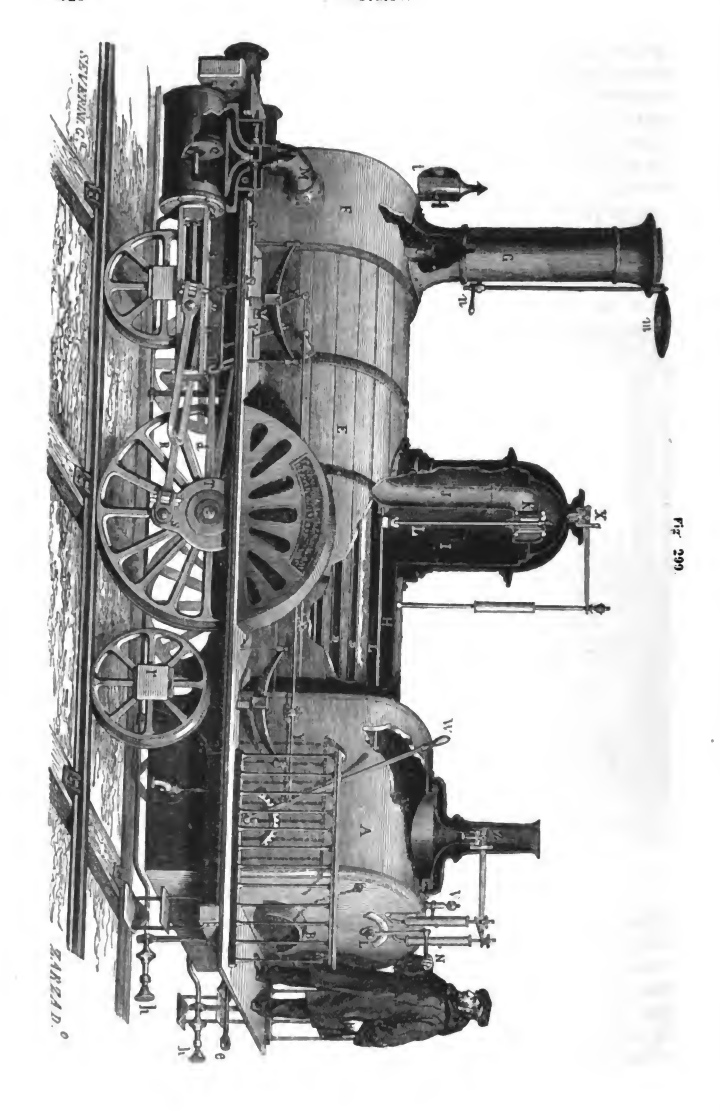


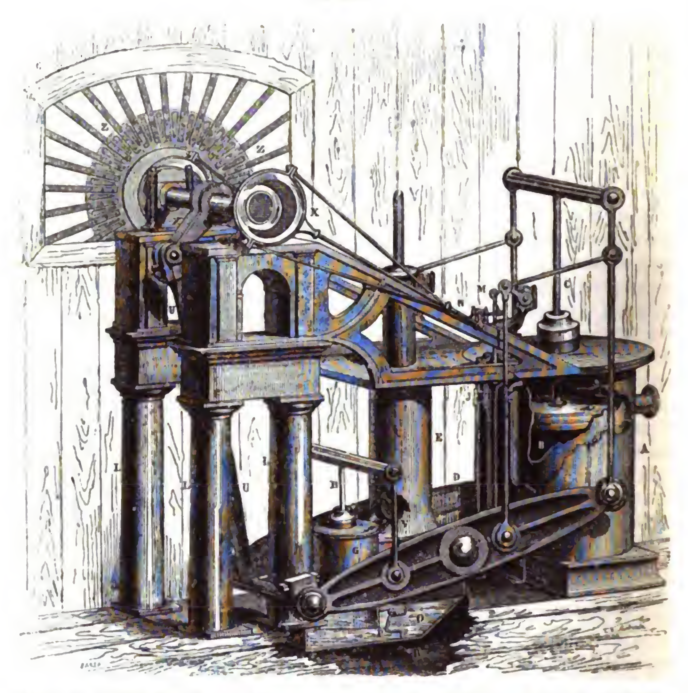
Fig. 299

626. Máquinas locomotoras. Las locomotoras ó máquinas movibles, que son las que producen la fuerza que arrastra los carruajes en los caminos de hierro, tienen diferente disposicion (*fig.* 299). Sobre una plataforma fuerte de hierro se coloca la caldera, compuesta, segun hemos indicado ya (567), de tres partes distintas: la primera *A*, es la *caja de fuego*, donde se encuentra el hogar cuya puerta es *B*, el cual está rodeado del agua de la caldera, la que se puede vaciar por *C;* el humo resultante de la combustion pasa por los tubos *D*, que son en número de 100 á 120, los cuales están rodeados del agua que contiene el cuerpo *E*, y dan paso al humo hasta el tercer cuerpo *F* ó caja de fuego, marchando por la chimenea *G:* con estos tubos se aumenta mucho la superficie de caldeo: el vapor formado en la caja de fuego *A* y la caldera *E* se reune en el espacio *H* encima del agua y en el recipiente *I;* en este recipiente hay un tubo *J* cerrado con una válvula *K* que puede abrir ó cerrar el maquinista que dirije el convoy, moviendo el manubrio *N* por medio de las varillas *L:* por este tubo se toma el vapor que va por el tubo *M*, y por otro semejante al lado opuesto, á las cajas de distribucion *O*, iguales á la de la *figura* 294, y movidas por el vástago *b* unido con las palancas *d* á unas escéntricas del eje; de aquí pasa al cilindro *P* y hace mover el piston *Q*, que comunica su movimiento por la biela *R* á la manivela *S*, lo mismo que se ha dicho en la *figura* 297, y esta biela hace girar la *rueda motriz T*, dando movimiento á su eje: cuando el piston *Q* llega á los puntos muertos, el del otro lado está en el centro; de este modo la máquina no se para á pesar de no tener volante (623): el vapor que ha hecho mover el piston, sale de la caja *O* por un tubo posterior que pasa por la caja de fuego á la boca *U*, por la que sale á la chimenea y aumenta el tiro: esta boca suele estar formada de piezas, de modo que el maquinista desde su puesto, dando vueltas á un manubrio, hace mayor ó menor; en *X* hay una válvula de seguridad de las de resorte (*fig.* 268) y en *Z* otra á la mano del maquinista, como tambien uno ó dos pitos *V*. Para cambiar la direccion de la máquina, hay que cambiar la del piston, y por consiguiente la entrada del vapor; esto se consigue con la palanca *W* que el maquinista lleva á un lado ó al otro, y entonces por medio de las palancas *Y*, se mueve en la pieza *a* la varilla *b* de la caja de distribucion y la hace adelantar á un lado ó al otro, de modo que cambia la entrada del vapor y la rueda motriz gira en sentido contrario: la misma palanca *W* mueve la caja de distribucion del costado opuesto al mismo tiempo. El anillo *e* es para unir á la máquina el *tender* ó carruaje que la acompaña siempre, en el que va combustible y el agua de alimentacion: los tubos *h* son para que el agua tomada por una bomba movida con la misma máquina, venga por ellos á alimentar la caldera: *t* es la linterna para señal de noche, y *m* un registro de la chimenea que se abre ó cierra con el manubrio *n*. Las ruedas tienen en sus ejes una caja como la *r* donde se echa la grasa que ha de disminuir los frotamientos (42). Generalmente los tres cuerpos *A E* y *F* se cubren de madera que se pinta al óleo; de este modo no es necesario limpiar la máquina, como habria que hacer si fuera de metal sin cubierta, y al mismo tiempo la madera resguarda al metal de las abolladuras que pueden resultar con un golpe en el esterior. En algunas máquinas no existe el cuerpo *I*, en cuyo caso el tubo *J* toma el vapor en la caja de fuego *A;* tambien la rueda motriz suele estar en un estremo, en lugar de hallarse en el centro.

627. Máquinas de navegacion. Las máquinas destinadas á la navegacion (*fig.* 200) son como las fijas, variando solo la disposicion de sus diferentes

partes, y arreglando las calderas para que en el menor espacio posible puedan colocarse y producir el mayor efecto aun á costa del combustible. La *figura* 300 representa una de estas máquinas; el cilindro es doble y el vapor llega por *A* al espacio *S*, comprendido entre sus dos cubiertas, pasando á la caja de distribucion *J*, en la que se mueve la pieza *T*, que hace la distribucion como hemos esplicado en la *figura* 296: elevándose el piston *B*, sube el vástago *C*, y con él los dos balancines *D* por un lado, y bajando el piston, bajan tambien los balancines por el mismo

Fig. 300.



lado, de lo cual resulta en ellos un movimiento alternativo, que por la biela *U* se comunica á la manivela que hace mover el árbol sostenido en los soportes *X*, los cuales apoyan sobre las columnas *L*: una escéntrica colocada en el árbol mueve el vástago *N*, y este por medio de un juego de palancas *M* produce el movimiento de la pieza *T* de distribucion: el vapor, al salir del cilindro, pasa á la parte inferior del recipiente *E*, que está dividido en *V* por un diafragma que forma de él dos cuerpos separados; en esta parte inferior, que se ve en *O*, se hace la condensacion, y el agua que de ella resulta se estrae con una bomba cuyo cuerpo es *G*, y

el vástago de su piston *H*, movido por los balancines; esta bomba es aspirante (271), con una válvula en el piston y otra que es la *P*; el agua pasa á la parte superior de *E*, y una nueva válvula *F* la impide volver al cuerpo de bomba *G*, de modo que se va elevando en *E* hasta que sale á verterse al esterior por un tubo colocado en la parte alta de *E*; en estas máquinas no hay volante, pero se pasan los puntos muertos aplicando al árbol dos máquinas en vez de una, y poniendo las manivelas en ángulo recto, de modo que cuando la una está en el punto muerto la otra está trabajando con su mayor fuerza: en *R* se ve parte del espacio que hay en el barco, todavia mas abajo. El objeto de estas máquinas es el de producir un movimiento de rotacion á dos ruedas de paletas *Z* colocadas á los costados del barco, las cuales producen el efecto de los remos para hacerle marchar. Tambien se aplica la máquina, en otro sistema moderno, á producir un movimiento de rotacion en una *hélice ó tornillo* que se coloca en la parte posterior del barco dentro del agua (*fig.* 301): para entender cómo se efectua el movimiento, supongamos que unido al buque hay un tornillo, y fuera, fija en un punto, se tiene una tuerca donde entra este tornillo; en tal caso, es evidente que el barco avanzará hácia la tuerca: pues de la misma manera se efectua el movimiento con el tornillo *A*, el cual al girar forma la tuerca en el agua, y aunque esta tuerca no sea tan resistente como si fuera sólida y fija, lo es sin embargo bastante para producir el movimiento del barco, tanto mas rápido cuanto mayor sea la velocidad del tornillo. Este sistema, si no tan bueno en calma como el de ruedas de paletas, porque produce una velocidad algo menor segun algunos ingenieros, es preferible en mar agitado, porque estando el tornillo sumerjido dentro del agua, es siempre el impulso uniforme, y no esperimenta las variaciones que resultan en el de ruedas, á causa de que estas salen y entran en el agua ya á un lado ya al otro con los movimientos que las olas producen en el barco; además, la máquina, colocada mas baja, produce mejor efecto para el equilibrio del buque, el cual tambien queda mas desembarazado para el servicio, sea el que quiera, ó para el establecimiento de baterias en los de guerra, siendo en estos todavía mas ventajoso, porque una rueda se destruye facilmente y un tornillo no, por estar dentro del agua: varias son las formas que se han dado á los tornillos con el objeto de aprovechar mejor la fuerza de las máquinas, pero esto no hace cambiar el sistema en general.

Fig. 301.

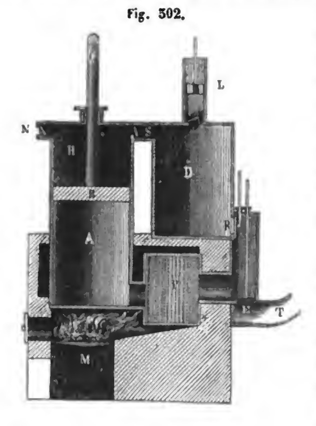


638. Máquinas de diferentes vapores. Se ha tratado de sustituir el vapor de agua con el de otros líquidos ó con gases, ya combinando vapores ó ya empleando uno solo, principalmente el del éter por su fuerza elástica, 32 veces mayor que la del vapor de agua (419), y necesitar menos calor, pues su capacidad calorífica es la mitad de la del agua (406); pero hasta ahora no se han hecho mas que ensayos que han dado resultados poco satisfactorios por diferentes causas, y principalmente por el mayor gasto que ocasionan. En la Esposicion universal de Paris se ha presentado alguna máquina para funcionar con otros vapores, pero en ella era mas de admirar la buena construccion para no dejar salir el sutil vapor de otros liquidos, que el resultado producido industrialmente considerado. Es pues

un problema que, si se puede suponer resuelto científicamente, no lo está sin embargo para la industria. La combinacion de vapores se ha hecho generalmente empleando el calor de la condensacion del vapor de agua que obra en un cilindro, para producir vapor de otro líquido mas volatil que obra en un segundo cilindro, habiendo dado buenos resultados el cloroformo; pero repetimos que estas cuestiones no están resueltas todavia industrialmente.

629. Máquina calórica. Se ha tratado tambien de sustituir el aire al vapor, y se han propuesto para ello varios medios que, mas ó menos ingeniosos, no han dado los resultados que sus autores se proponian. Un solo método que ha ocupado la atencion del mundo científico, y que en la actualidad se aguardan sus resultados con interés, sin que pueda decirse en este momento cuál sea su porvenir, es el presentado por Ericson, que aunque no muy conocido vamos á presentar en general, sin entrar en detalles de la máquina, que todavia perfecciona su autor, y á la que ha dado el nombre de *máquina calórica* (*fig.* 302). Supongamos un cilindro *AH*, en el que se mueve el émbolo *B* con su vástago *C;* á la parte *A* bajo del émbolo, llama el autor *cilindro de trabajo*, y á la parte *H cilindro surtidor ó alimentador;* este cilindro tiene una válvula en *N* que se abre hácia dentro, y está unida á un espacio *D*, que sirve para depósito de aire, por medio de un conducto en el que hay otra válvula *S*, que se abre hácia el depósito: tiene tambien este depósito una salida en *R*, tapada con una válvula que puede abrirse y cerrarse por la misma máquina, y por esta salida se pone en comunicacion *D* con un espacio *P* llamado el *regenerador*, en el cual hay hasta 200 ó mas telas metálicas; este regenerador comunica directamente con el cilindro de trabajo: en la comunicacion de la abertura *R* con *P*, hay un tubo *T* que sale al esterior, y además una válvula *E* que se abre con la misma máquina: debajo del cilindro de trabajo hay un hogar *M:* encendido el hogar, el aire en *A* se calienta á una temperatura de 250°, tomando un volumen próximamente doble (371), pues $1+0{,}003665\times250=1{,}916$, que es número muy poco diferente de 2; en este tiempo la bomba impelente *L* ha hecho entrar aire en *D* para que se encuentre comprimido, y en tal estado, dilatado el aire de *A* y elevado el émbolo empieza á funcionar la máquina: para ello está abierto *E* y cerrada *R*; baja por su peso el émbolo entrando el aire esterior por *N*, y el aire caliente de *A*, que pasa por los innumerables agujeros de las telas metálicas de *P*, se enfria dejando en ellas su calor y sale por *E* y *T* al esterior: entonces se cierra *E* y se abre *R;* el aire del depósito *D* pasa por *P* y toma el calor que dejó el aire anterior al salir, por cuya razon se dilata y hace elevar el émbolo, el cual comprime el aire de *H* que pasa por *S* al depósito *D* cerrándose *N;*

Fig. 302.



cuando ha llegado al fin de su carrera se cierra *R*, se abre *E*, el émbolo baja por su peso, el aire de *A* se sale al esterior por *E*, dejando su calor en las telas, y de este modo continua funcionando la máquina, que produce un movimiento en el vástago *C*, el cual se trasmite donde es necesario: el aire al pasar por *P* se enfria casi completamente, pero siempre se lleva algo de calor; este y el perdido por otras causas es el que se conpensa con el hogar encendido, que gasta mas combustible en la práctica que el que resulta en la teoría. Se han construido máquinas de este sistema, y los resultados han sido satisfactorios, pero todavía están lejos, estas máquinas, á lo que parece, de poder sustituir á las de vapor.

CAPITULO XII.

CALOR EMPLEADO EN CALENTAR LAS HABITACIONES.

630. Calor aplicado á calentar el aire. Estudiado el calor en sus aplicaciones á producir vapor, vamos á estudiarle aplicado á calentar el aire; y para evitar citas y repeticiones, nos ocuparemos desde luego de la importante aplicacion á calentar los lugares habitados, porque esto nos dará motivos de examinar muchos aparatos aplicables tambien á otros usos. Antes de entrar en detalles sobre cada método particular, veremos algunas generalidades.

631. Calor necesario en una habitacion. Un sitio habitado, grande ó pequeño, tendrá diferentes temperaturas segun la estacion, de modo que no será necesario calentarle sino cuando se encuentra á mas baja temperatura que la que debe tener para estar en las condiciones que nos hayamos propuesto; así, para calcular el calor necesario será preciso conocer el tiempo en que la temperatura atmosférica, que será la de la habitacion, es mas baja que la fijada; en todo este tiempo se deberá conocer la temperatura media para suponerla constante y calcular por ella; y además, la mas baja para hacer los aparatos con las dimensiones ó condiciones convenientes, para que basten en los dias mas frios á elevar la temperatura hasta la que se desea: estas se tomarán si no hay datos mas particulares, de las temperaturas atmosféricas que hayan resultado en todos los dias del año, que será otra aplicacion del conocimiento de ellas (460): estos datos servirán, con la capacidad de la habitacion, para calcular el calor que necesita el aire si se ha de calentar desde la temperatura á que se encuentra hasta la temperatura que se haya fijado.

632. Calor perdido por paredes y vidrios. Para que una habitacion se ponga y permanezca á la temperatura que nos hayamos propuesto, no es solamente la cantidad de calor que necesita el aire la que hemos de calcular; las paredes y vidrios le dejan paso, y esta es precisamente la cantidad que hay que reparar, pues una vez calentado el aire, solo pierde su calor por esta causa, á no ser que se esté renovando por una ventilacion, en cuyo caso hay otra pérdida mas. El grueso de las paredes influye bastante en la cantidad de calor que dejan pasar, pero podemos contar que, segun los esperimentos hechos recientemente por Peclet, el calor que deja pasar 1 metro cuadrado de pared de nuestras habi-

taciones es 15 unidades por hora, ó sean 11 unidades por vara cuadrada próximamente, suponiendo una diferencia de temperatura entre el aire interior y el esterior hasta de 20°. Las vidrieras pierden naturalmente mayor cantidad, y pueden contarse 22 unidades por metro cuadrado y hora, ó sean 16 unidades por hora y vara cuadrada para los mismos 20° de diferencia en las temperaturas. Estos números se tomarán para la parte de pared que se encuentre al esterior cuando se calienta un edificio, pues una pared que tiene á los dos lados la misma temperatura, no perderá calor; pero si se trata de calentar una sola parte del edificio, como una sala por ejemplo, habrá que contar todas sus paredes, bien que disminuyendo algo el número que resulta, porque las paredes que están en el interior del edificio perderán menos naturalmente. Daremos como regla práctica en este caso contar solo las paredes laterales, y no contar el techo y el suelo. Cuando se calienta un edificio entero, tampoco debe contarse la superficie de su cubierta y el suelo; la primera porque segun su construccion pierde muy poco, y el segundo porque la tierra se mantiene á una temperatura constante, pero diferente en general de la que necesita el edificio. En la mayor parte de los edificios las habitaciones no se calientan durante la noche, y en este tiempo el aire se enfria; pero si las paredes son de un grueso regular, este enfriamiento es poco y se puede compensar empezando á calentar algo mas temprano de la hora necesaria; si las paredes son delgadas ó hay muchas vidrieras, es mayor la pérdida del calor, y para repararla puede calcularse que hace falta una cantidad de calor igual á la mitad del necesario en el mismo tiempo durante el dia.

633. Aire que entra en la habitacion. En todo sitio habitado el aire se vicia y por tanto hay que renovarle, esto es, hay que *ventilar*. Nos ocuparemos de este punto mas adelante, pero tendremos presente desde ahora que el aire que entra, debe traer á la habitacion la cantidad de calor necesaria para mantener su temperatura en el estado que nos hayamos propuesto: lo mismo sucederá cuando los aparatos empleados para calentar sean de los que hacen salir mucha cantidad de aire de la habitacion, pues en este caso será necesario calentar el aire que debe reemplazar al que se marcha. En puntos de mucha concurrencia, el calor producido por las personas, que hemos visto es de 70 unidades por hora y persona (450), será mas que suficiente para reemplazar el calor perdido, y en este caso es necesario ventilar solo, es decir, hacer salir el aire viciado, y reemplazarle con otro á la temperatura conveniente para evitar que la del recinto se eleve á mas grados que los que deba tener.

634. Condiciones del combustible. Los combustibles empleados para calentar las habitaciones aprovechan unas veces todo su calor, otras veces una parte del radiado, y otras muy poco de este y mucho del que lleva el aire de la combustion; por tanto, será preferible en cada caso particular aquel que produzca mas cantidad del calor que se aprovecha, reuniendo otras condiciones que tambien serán particulares en cada caso. Pasemos á ocuparnos de cada método de calentar.

635. Braseros. El primer método de calentar que estudiaremos es el brasero, tanto por ser el mas sencillo, cuanto porque en España es el mas generalmente empleado. El brasero fué sin duda el primer medio que ocurrió para

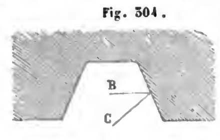
calentar, pues nada mas sencillo que hacer arder un combustible en el punto donde es necesario su calor, y que esto se haga en un recipiente de forma cualquiera para poderle trasportar fácilmente de un punto á otro, y para que evite el que la combustion pase á otros cuerpos: además, debiendo quedar los productos de la combustion en el mismo recinto, se necesita un combustible que no forme humo, esto es, que los gases no formen una conocida é insorportable incomodidad; de todas estas consideraciones ha resultado el *brasero:* vamos á ver que este método de calentar produce los resultados mas ventajosos si se atiende al aprovechamiento del calor producido por el combustible, pero apresurémonos á decir que es el método mas malo que puede emplearse en un sitio habitado, por los funestos efectos que producen los gases que resultan de la combustion sobre la vida animal. Supongamos quemada 1 libra de combustible, ó sea próximamente $0^{k},5$; siendo carbon de madera, que es el generalmente empleado, podemos contar $7000\times0,5=3500$ calorías (501) producidas por la combustion de esta cantidad; y como lo que se calienta es aire, y este tiene la cuarta parte de capacidad calorífica que el agua (407), resulta que 1 libra de carbon hace subir 1 grado á $3500\times4=14000$ kilógramos de aire; y como 1,3 kilógramos de aire (225) es 1 metro cúbico, 14000 kilógramos serán $14000:1,3=10769$ metros cúbicos, que reducidos á varas siendo 1 metro cúbico igual á $1^{v},7$, darán $10769\times1,7=18307$ varas cúbicas de aire que 1 libra de carbon ó 3500 calorías pueden elevar 1° ardiendo completamente; de donde resulta además, que $3500:18307=0,191$ es la porcion de caloría necesaria para elevar 1 grado 1 vara cúbica de aire. Supongamos una sala de 7 varas de largo, 6 de ancho y 5 de alto; será su volúmen $7\times6\times5=210$ varas cúbicas de capacidad; tendrá de superficie de paredes, no contando techo y suelo, $7\times5\times2+6\times5\times2=130$ varas cuadradas, de las cuales podremos suponer 12 de superficie de cristal en dos balcones; si el aire está en la sala á 6° y le queremos á 16, esto es, á 10 mas, será preciso para las 210 varas cúbicas el calor que necesita una, que es 0,191 de unidad, segun antes hemos visto, 210 veces para 1 grado, y este producto 10 veces para los 10 grados, resultando $0,191\times210\times10=401$ calorías para el aire. El calor perdido cada hora es, por las paredes, $130-12=118$ varas cuadradas de pared, descontando el cristal, á 11 calorías (632) por hora y vara, $118\times11=1298$ calorías; por los vidrios será, $12\times22=264$, y unido todo, el calor del aire y pérdidas, resulta para la primera hora $401+1298+264=1963$ calorías: este calor reducido á libras de combustible, puesto que 1 da 3500, será $1963:3500=0,56$ libras: de modo que la sala de las dimensiones dichas se mantiene á la temperatura de 10 grados sobre la esterior con $0^{lib.},56$ de carbon por hora; no descontamos las 401 unidades en las horas siguientes á la primera, que no serán necesarias una vez calentado el aire, porque son en favor del resultado. Si suponemos 10 horas de caldeo serán 5,6 lib. las que se han de quemar de carbon, pero contando que puede tener de agua y cenizas 8 por 100, las 5,6 lib. dan 0,45, que sumadas darán 6 libras próximamente. Supongamos en Madrid á 6 reales arroba ó 0,24 rs. lib.; el gasto para las 10 horas será 1,44 rs., ó sea 49 maravedises. Examinemos los efectos producidos por la combustion. El carbon, segun sabemos, se convertirá al arder en ácido carbónico y en óxido de carbono (507); contemos que se forme solo el primero, y así es mas desfavorable el

cálculo; hemos visto que 1 kilógramo de carbon necesita 1^m·c·,85 de oxígeno para convertirse en ácido carbónico (545); 1 libra necesitará próximamente 0^m·c·,9, que si contamos en el carbon 8 á 10 por 100 entre cenizas y agua, tendremos que se necesita para quemar 1 libra de carbon ordinario, 0^m·c·,8 de oxígeno, que produce un volumen igual de ácido carbónico. La cantidad mínima de oxígeno que debe tener el aire para ser respirable no está exactamente determinada, pero se supone, por algunos esperimentos hechos, que cuando falta le tercera parte, esto es, cuando solo hay en él 0,14 de oxígeno, es apenas respirable; luego los 0^m·c·,8 de oxígeno pondrán en este estado 11^m·c·,4, que unidos á los 0,8 de ácido carbónico dan 12 metros cúbicos y algo mas, ó sean 20^v·c·,5 de aire que hace impropio para la respiracion cada libra de carbon quemada: y no contamos, por no complicar el cálculo, el aumento de volumen que toma el aire por la temperatura á que se eleva, que si se contara, resultaría mas de los 20°,5 de aire viciado. Así, en la habitacion que hemos supuesto, si está completamente cerrada, se asfixiarian las personas quemando de una vez 10 libras de carbon; pero el efecto es todavía mas funesto si se atiende á otra circunstancia: el ácido carbónico es gas que produce la muerte estando en la atmósfera en cierta cantidad, y los efectos del óxido de carbono son aún mas eficaces; Leblanc dice haber asfixiado un perro grande con 0,04 de ácido carbónico en el aire, y otro con solo 0,005 de óxido de carbono; y supone que un hombre puede morir en un aire que contiene 0,01 del óxido de carbono; de modo que si en las 210 varas cúbicas que hemos supuesto de capacidad en el ejemplo hay 2 próximamente de óxido, perecerian las personas; y si es la misma relacion entre el ácido y el óxido para las personas que la que ha resultado para los perros, en un aire que tenga 0,08 de ácido carbónico perecerá un hombre, ó perecerán las personas que estuvieran en la sala que hemos puesto por ejemplo, si tuviera 16^v·c·,8 de ácido carbónico. Es un error suponer que un brasero no da *tufo*, como vulgarmente se dice, cuando está bien encendido ó *pasado*, y que tal especie de carbon ó tal cisco no le produce tampoco; por lo que ya hemos espuesto en diferentes partes, se podrá conocer que no existe combustion sin formacion de ácido carbónico ó *tufo*, y que mientras la haya, esto es, mientras tenga fuego el brasero, se está produciendo, sea cualquiera el combustible; además 1 libra de carbon, proceda de combustible flojo ó compacto, forma la misma cantidad de ácido carbónico, así como desarrolla la misma cantidad de calor: si cuando un brasero está *pasado* no produce tan malos efectos, es porque la combustion es lenta, la formacion del *tufo* es tambien lenta, y suele renovarse el aire en este tiempo por puertas y ventanas; además se forma en este caso pequeña cantidad de óxido de carbono que, como hemos visto, es el gas peor para la respiracion, y si el cisco de retama y otros carbones flojos dan menos *tufo*, es tambien porque en igual volúmen hay menos carbon, y porque mas en contacto su masa con el aire á causa de su poca densidad, forma menos óxido de carbono. Mucho se evita el *tufo* encendiendo el brasero al aire libre, pues al principio la combustion se hace mas rápidamente, y por consiguiente el desprendimiento de gases es mayor, sobre todo la cantidad de óxido de carbono; pero tambien hay en algunas partes la costumbre de encender los braseros en las mismas habitaciones, lo que, como se ve, es imprudente. No terminaremos este

punto sin recordar los males que todos sabemos causa el brasero, como comprobacion de lo que dejamos espuesto; los fuertes dolores de cabeza y otros accidentes, efecto del *tufo*, las manchas que producen en la piel, y hasta las enfermedades cutáneas en tantas personas que cometen la imprudencia de pasar horas enteras recibiendo el calor de un brasero, son bien conocidos; y finalmente, con harta frecuencia llega hasta nuestros oidos la noticia de que una corta cantidad de carbon, encendida en un cuarto cerrado, ha producido la muerte á alguna persona, ya por descuido ó ya premeditadamente. Si las habitaciones no están dispuestas para emplear otro método de calentar, deberá renovarse el aire de tiempo en tiempo segun la cantidad de combustible y la capacidad de la habitacion, abriendo puertas y ventanas para promover una corriente que haga salir los gases no respirables y traiga aire puro; esto hace perder calor, pero es el único medio de precaver en lo posible los malos efectos del brasero.

636. Chimeneas. Las chimeneas son tambien un método que debió ocurrir desde muy antiguo, como el brasero, pues habiendo de quemarse combustible que produce humo, nada mas natural que disponer en la habitacion un espacio con un conducto en su parte superior para dar salida á los gases de la combustion, pero el estudio de las condiciones necesarias en una chimenea es moderno: las antiguas eran solo un espacioso hogar de forma rectangular, con el conducto de humo de un diámetro muy grande, suponiendo sin duda que cuanto mayor fuera este, tanto mejor saldria el humo; pero en estas chimeneas se aprovechaba muy poco el calor del combustible, y el humo volvia fácilmente á la habitacion por las corrientes de aire que bajaban por ella. La primera modificacion que se hizo fué achicar el hogar y dar inclinacion á sus paredes laterales, pues siendo solo una parte del calor radiado el que se aprovecha, era necesario disponerlas de manera que esta parte fuera la mayor posible: en efecto, la parte de calor empleada por el combustible en calentar el aire y los gases de la combustion se marcha al esterior, y por tanto solo se aprovecha una parte del radiado, pues los rayos que reflejándose en las paredes vuelven á entrar en el hogar, no serán aprovechados para calentar la habitacion. Supongamos una chimenea antigua (*figura* 303): un rayo *A* que se refleja en su pared, vuelve al combustible y no sale fuera, pero inclinando las paredes laterales (*fig.* 304), el rayo *B*, reflejado, saldrá en *C* á la habitacion. Supongamos ahora una chimenea grande; la superficie que en ella recibe los rayos caloríficos es mayor que en una pequeña, y por lo tanto la absorcion será mayor; además estos rayos, al atravesar un mayor espacio para reflejarse, perderán mas de su calor á pesar de que se enfrian poco al atravesar el aire.

Fig. 303. Fig. 304.



De lo dicho resulta, que una chimenea pequeña, dispuesta con las paredes inclinadas, blancas y bruñidas ó barnizadas (386), será la que mas aproveche el calor radiado. Veamos ahora las condiciones del conducto por donde sale el humo, ó sea la chimenea propiamente dicha. El aire que sale por ella debe ser reemplazado en la habitacion por otra cantidad igual, pues perdiéndose el equilibrio por el que sale, una parte igual entra por donde puede á restablecer este equilibrio;

si la habitacion tiene bien cerradas sus puertas y ventanas, se produce una corriente en la misma chimenea, del aire que desciende para ocupar el lugar del que se eleva, y por tanto el humo vuelve en parte á la habitacion, razon por que algunas chimeneas producen humo si las puertas y ventanas están cerradas; además en una chimenea grande el aire sale en mayor cantidad suponiendo velocidades iguales, y por tanto, mayor será la que deba reemplazarle: achicado el diámetro del tubo de salida, la corriente descendente no se produce con igual facilidad, y el aire sale tambien en menor cantidad, porque aunque aumenta la velocidad, no es tanto que produzca por punto general una salida igual á la de un tubo de gran diámetro; además el combustible arde mejor por renovarse mas el aire sobre él, á causa de la menor entrada y mayor velocidad. Lo dicho nos hace ver que al establecer una chimenea es necesario cuidar, tanto de la salida del humo como de la entrada del aire que debe reemplazar al que sale, cosa que en general se descuida completamente: si el aire no tiene entrada fácil y dispuesta de una manera conveniente, podrá suceder, ó que la chimenea produzca humo, como se ha dicho antes, ó que un aire demasiado frio venga á la habitacion á reemplazar al que sale; y tengamos en cuenta que en estos aparatos hay una gran cantidad de aire que pasa sobre el combustible sin hacer mas que calentarse y elevarse por la chimenea, por lo que no será raro que, encendida esta, enfrie en lugar de calentar; supongamos la temperatura de una habitacion á 6 grados y el aire esterior á cero; si este es el aire que entra por las rendijas de los balcones, podrá suceder que el calor radiado no baste á calentar á los 6 grados la cantidad del que entra, y por tanto se enfriará la habitacion; es pues necesario dar entrada al aire por aberturas que juntas tengan lo menos una seccion igual á la de la chimenea, y hacer que este aire venga caliente, aprovechando para calentarle el mismo calor que se pierde en ella. Antes de entrar en detalles de construccion tratemos de calcular el calor que puede producir una chimenea, lo que no será fácil hacer con precision, pues sería necesario conocer exactamente la parte de calor radiado que se utiliza y el aire que entra en la habitacion, datos que solo pueden obtenerse aproximadamente; pero procuraremos acercarnos á la verdad en lo posible.

637. Cálculo para una chimenea. El calor aprovechado en este método de calentar, hemos dicho es solo una parte del radiado; que como se esparce por igual en los seis planos que forman la chimenea, sale á la habitacion directamente algo mas de $^1/_6$ del total, por ser el frente de la chimenea el plano de mas estension; pero como los planos laterales y el posterior reflejan parte del calor que reciben si están bien acondicionados, podremos suponer que sale á la habitacion la mitad del calor radiado, aunque nos separemos en esto de la opinion de algunos físicos, que suponen ser solo $^1/_4$ del calor radiado el que se aprovecha; algunos esperimentos que hemos tenido ocasion de hacer, y un pequeño estudio geométrico en la seccion de una chimenea, que cualquiera puede repetir, para ver hasta dónde pueden reflejarse los rayos caloríficos y salir de la habitacion, nos han hecho adoptar este número. De lo dicho resulta que el combustible peor para una chimenea es la leña, porque esta no radia mas que la cuarta parte de su calor (502), siendo por la misma causa el mejor la hulla ó cok, tan usados en otros paises, pues son los

combustibles que radian mas calor; pero hecha esta observacion calculemos sobre la madera, que es en España al presente el combustible usado casi esclusivamente en esta aplicacion. Un kilógramo de madera produce 2800 calorías (501), y la cuarta parte de esta cantidad es la radiada (502), es decir 700 unidades; pero como en las chimeneas solo suponemos aprovechada la mitad, será el calor aprovechado por kilógramo de madera 350 unidades, y por libra 170 próximamente. Para la sala que propusimos como ejemplo en el brasero (635) necesitábamos 1963 calorías, de modo que es preciso 1963 : 170 = 12 libras de leña, y en 10 horas 120 libras ó 4 arrobas 20 libras, sin contar cenizas: suponiendo en Madrid la leña á 3 rs. arroba, será la libra 0r,12 y las 120 valdrán 14 rs. 14 mrs.; y no contamos la cantidad de calor necesario para calentar el aire que entra en la habitacion para reemplazar al que sale, porque esto no sería posible ni aproximadamente, y además porque supondremos una chimenea en que este aire se calienta antes de entrar, con parte del calor perdido. Si se empleara la hulla tendríamos bastante economía, pues su potencia calorífica es mucho mayor (501) y su calor radiado mas de la mitad (502) del total, y por tanto en Madrid, suponiéndola á 5 reales arroba, un cálculo como el anterior nos daria que necesitábamos 26 libras en las 10 horas, ó sean 5 rs. 6 mrs. de gasto.

638. Buenas propiedades de la chimenea. Examinemos la chimenea bajo el punto de vista higiénico: no saliendo á la habitacion los gases producidos por la combustion, se evitan sus malos efectos; y además, como está renovándose contínuamente una porcion de aire igual á la que sale por la chimenea, si este se encuentra viciado por ser grande el número de personas reunidas en la habitacion ó el número de luces, podrá bastar en la mayor parte de los casos para renovar todo el aire viciado y hacer perfectamente sana la atmósfera del recinto: es pues la chimenea un medio enteramente sano para calentar una habitacion.

639. Diferentes formas de chimeneas. Generalmente una chimenea (*fig.* 305) se compone del hogar *A*, en donde se quema el combustible colocado sobre morillos que hacen el oficio de la rejilla de los demás hogares, y así pasa el aire por debajo; este hogar tiene en la parte superior un tubo ó conducto que en algunas chimeneas es de un diámetro suficiente para dar paso á un muchacho que le limpia. Cuando se quema hulla ó cok, es necesario que el combustible pueda ser atravesado por el aire, y para conseguirlo se pone en el hogar un recipiente de barras de hierro *A* (*fig.* 306), pues los morillos no servirian. Pero estas formas no satisfacen á la condicion de calentar el aire que entra en la habitacion, y para conseguirlo se han ideado varias disposiciones. Supongamos uno ó mas tubos colocados juntos (*fig.* 307), como el *A* en el conducto del humo; el aire contenido en ellos se calienta con el contacto del humo en el esterior, y por lo tanto se eleva saliendo á la habitacion por *B*, siendo reemplazado con aire del esterior que entra por *C*. En las chime-

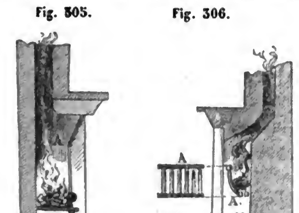


Fig. 305. Fig. 306.

neas de casas en donde hay varias habitaciones suelen colocarse los cañones de hierro en una caja general desde la habitacion baja hasta fuera del tejado; en este caso es fácil adoptar una disposicion que producirá buen efecto: supongamos (*fig.* 308) colocados los cañones *A B* en la caja *C;* hágase esta bastante grande para que entre los tubos pueda circular el aire; ciérrense bien en los diferentes pisos como en *F* y *R*, haciendo en esta parte *R* al esterior y en *H* dentro de la habitacion dos entradas en cada piso; el aire se calentará en la caja *C* con el calor del humo que pasa por los cañones y saldrá por *H*, reemplazándose del esterior en la entrada *R;* de este modo las habitaciones altas aprovecharán calor del perdido en las bajas. Es muy comun poner chimeneas de hierro *A* (*fig.* 309) dentro de una caja *B* en la que están colocados tambien los cañones *C* de los demás pisos; puede en este caso aprovecharse el calor que absorben las paredes laterales de la chimenea, haciendo que el espacio entre ellas y la fábrica forme parte de la caja en que se calienta el aire, y aun pueden formarse conductos *N*, que hagan llegar directamente el aire á esta parte de la caja, para que esté mas en contacto con las paredes de hierro. Tambien es fácil dar salida al humo ó entrada al aire por un tubo doblado (*fig.* 310), y de este modo el humo se enfria mas por el mayor espacio que recorre, ó el aire se calienta mas por la misma causa si es el que va por dentro del tubo; cuando es el humo el del interior, acaso se aprovechará mejor el calor, pero no se puede deshollinar. Las disposiciones indicadas podrán servir para adoptarlas, ó para dar idea de otras análogas en los casos particulares que puedan ocurrir, por lo cual creemos son suficientes. Debe tenerse presente que la pared se pone algo negra junto á la salida del aire caliente en las habitaciones, y para que no produzca mal efecto á la vista se puede colocar un adorno cualquiera en esta salida, evitando así el contacto inmediato de la pared con el aire al salir; pero estos adornos no deben achicar la salida de modo que la verdadera sea de menor seccion que el tubo por donde sale el humo, y se tendrá igual cuidado para la entrada del aire.

Fig. 307. Fig. 308.

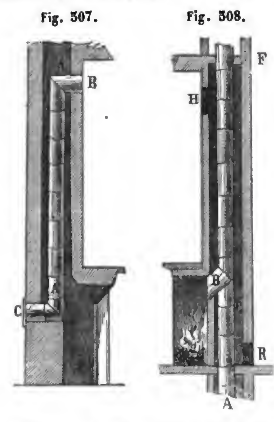
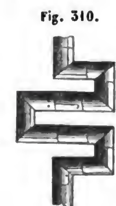


Fig. 309.



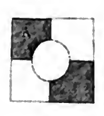
Fig. 310.

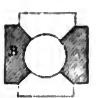


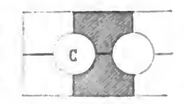
640. Seccion de la salida del humo. El diámetro para la seccion de salida en una chimenea de habitacion no es fácil de calcular, puesto que no es posible saber, ni el aire que debe pasar, porque es muy variable la entrada, ni tampoco su temperatura, porque cambia en cada instante; pero la práctica ha hecho ver que el diámetro mas conveniente es de 9 á 10 pulgadas, y lo mas cómodo for-

mar el conducto con tubos de plancha de hierro: tambien puede hacerse al construir los muros, y en este caso el mejor método será formarle con ladrillos cortados á propósito (*fig.* 311), de las formas *A* y *B* para trabar, ú otras análogas, y tambien para dobles cañones como *C*: con estas formas pueden unirse muy bien á los ladrillos comunes, y no debilitarán la fábrica los conductos aunque sean de bastante diámetro. Cada chimenea debe tener su correspondiente cañon, pues si dos hogares tienen el mismo, el calor de uno producirá en el otro, unas veces mayor salida de aire y otras ninguna, saliendo el humo á la habitacion.

Fig. 311.

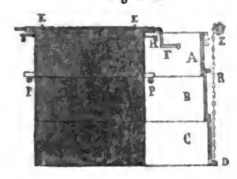






641. Pantallas. Todas las chimeneas deben tener una pantalla para bajarla cuando haya de encenderse el fuego; de este modo se disminuye la seccion de entrada aumentando la velocidad, y además el aire pasa por debajo del combustible. Estas pantallas pueden ser simples planchas de hierro que se suben entrando en una caja á propósito, sosteniéndose en la posicion que se las ponga por medio de dos contrapesos pendientes de cadenillas que pasan por encima de dos poleas: todo está oculto delante del hogar, y es un método sencillo si hay espacio y la boca de la chimenea no es grande. Otra especie de pantalla muy en uso es de diferentes piezas (*fig.* 312), generalmente de tres *A*, *B* y *C*: á la parte inferior de la *C* en *D*, hay enganchadas dos cadenas *DE* que se arrollan en el cilindro *E* fijo en sus dos estremos dentro de la chimenea; dando vueltas al manubrio *F* que sale á la parte esterior, sube *C* y llega á engancharse en la parte *R*, doblada, de la plancha *B*, y la hace subir tambien; llegadas las dos á *S*, enganchan tambien á la plancha *A*, y suben las tres á ocultarse dentro de la chimenea, permaneciendo en esta posicion por medio del manubrio que se engancha en el esterior; para bajar, se desarrolla la cadena dando vueltas al manubrio en direccion contraria: la plancha *A* tiene dos salientes que apoyan en dos clavos *H* colocados de modo que permitan paso á *B* y *C*; cuando *A* llega á apoyarse en *H* deja de bajar, y luego le sucede lo mismo á la *B*, que tambien apoya con otros dos salientes, en los dos clavos *P*.

Fig. 312.



642. Registros. Hogar móvil. En el cañon de la chimenea podria ponerse un registro para cerrarle cuando el combustible haya dejado de producir humo, pero de modo que no cierre completamente para que salgan los gases de la combustion; así se hará esta mas lenta, y se aprovecha mejor el combustible, ó por lo menos en mas tiempo; cerrado el registro enteramente, los gases saldrian á la habitacion y producirian el efecto de un brasero. Se han hecho tambien chimeneas que tienen el hogar sobre unos rodillos y se sacan fuera cuando no hay humo; pero estos aparatos tienen varios inconvenientes, siendo uno el de producir tufo como los braseros; por esta razon se usan poco.

643. Humo de las chimeneas. Ya hemos visto algunas causas de que las chimeneas produzcan humo, pero hay otras que debemos indicar para evitarlas. En las habitaciones altas ó próximas á los tejados suelen hacer humo las chimeneas por tener el conducto demasiado corto, y en tal caso, como el aire está á baja temperatura por la mucha cantidad que entra, no tiene bastante velocidad y no sale; el remedio naturalmente será hacer mas largo el tubo sobre el tejado. Tambien sucede á veces que si en dos piezas de una habitacion, que se comunican, hay chimeneas encendidas, como el aire no tenga entrada fácil, vendrá por la chimenea en que haya menos lumbre, produciéndose una corriente de aire desde la una en que baja hasta la otra en que sube, lo que hace entrar en la habitacion el humo de la primera; fácil es conocer que interceptando la comunicacion de las habitaciones, y sobre todo estableciendo en cada una entradas para el aire, se evita este inconveniente. Los vientos y otras causas influyen en la boca de las chimeneas á la salida para que hagan humo: un aire violento en direccion perpendicular ú oblícua de arriba hácia abajo, cerrará el conducto y el humo no saldrá, volviendo á la habitacion; el sol tambien influirá; y la disposicion particular de los tejados inmediatos, que varían la direccion del aire, puede hacer que el humo no salga. Muchos métodos se han empleado para evitar el humo; citaremos de entre ellos los que producen mejor resultado. Colocando al estremo del cañon (*figura* 313) un tubo atravesado, y poniendo en sus estremos dos pantallas *A*, se evita bien la influencia del aire. La *figura* 314 es otra disposicion que produce buen resultado; el cañon es cerrado por la parte superior, y el humo sale por las aberturas *B* resguardadas del aire con el cilindro *C*. Tambien se ponen aparatos móviles (*fig.* 315): una linterna de hoja de lata ó de hierro gira sobre el eje *A*; en ella hay una pantalla *B* que presenta al aire bastante superficie para hacer girar el aparato, y colocar la salida *C* siempre contra el viento. De todos los aparatos usados hasta el dia, el que acaso ha producido mejores resultados es el de Millet (*fig.* 316), que consiste en un cilindro de chapa de hierro cerrado enteramente, pero que lleva en toda la superficie unos agujeros formados de dentro á fuera con un punzon cuadrangular, de modo que presentan unos rebordes salientes. Una modificacion de este mismo es el usado con bastante frecuencia, que consiste en un cilindro formado de tiras de hierro (*figura* 317) dobladas en medias cañas *A*, y dejando entre una y otra la salida del humo.

Fig. 313. Fig. 314. Fig. 315. Fig. 316.

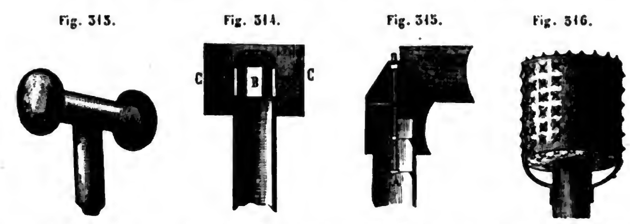
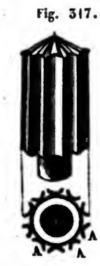


Fig. 317.



644. Estufas. Las estufas se componen de un hogar encerrado en una caja de diferentes formas y dimensiones, unas veces metálica y otras de porcelana ó fábrica; esta caja tiene la entrada suficiente para el aire y termina en un tubo que suele ser de hierro, para conducir el humo al esterior, y atraviesa generalmente las habitaciones. El combustible se aprovecha mucho mas en las estufas que en las chimeneas, pues el calor radiado es absorbido por la caja de la estufa, que lo cede al aire; y además el humo al salir por el tubo de hierro se enfria, dejando una parte bastante grande del calor que lleva, al aire que en el esterior está en contacto con el mismo tubo.

645. Calor producido por una estufa. Dificil es calcular el calor aprovechado en una estufa, pues faltan datos para ello; pero reuniendo los resultados de observaciones y esperimentos hechos se puede suponer, que 1 metro cuadrado de superficie de plancha de hierro deja pasar por hora y metro cuadrado 1600 á 2000 unidades de calor, que son 1110 á 1400 por vara cuadrada; y si es de hierro fundido, 4000 á 5000 por metro, ó sean 2800 á 3500 por vara cuadrada, sin que se haya dado esplicacion de esta diferencia entre el hierro dulce y el fundido; y finalmente, la porcelana ó tierra cocida, de media pulgada de grueso, 1500 á 1800 unidades por metro cuadrado, ó 1050 á 1260 por vara: en todos los casos se supone la diferencia de temperatura del interior al esterior, la que suele ser generalmente; la seccion del tubo que conduce el humo, igual á la de salida de la chimenea; y que el combustible solo produce el 80 por 100 de su efecto util. Supongamos la sala que nos hemos propuesto para el brasero y chimeneas (635); siendo madera el combustible tenemos por kilógramo 2800 calorías (501), ó por libras 1400, y como solo debemos tomar el 80 por 100 del calor producido, dará cada libra de madera 1120 calorías; por tanto las 1963 necesarias para la sala en cuestion, resultarán de $1963:1120=1^{lib.},7$ de leña, que son, en 10 horas, 17 libras, y al precio de 3 rs. arroba costarán 2 rs. 2 mrs. Si se ha de obtener este resultado, será condicion precisa que la superficie de enfriamiento tenga la suficiente estension para dejar pasar el calor necesario; calcularemos esta superficie contando que 1 vara cuadrada de plancha de hierro deja pasar término medio 1300 unidades, ó 144 por pie cuadrado; luego para dejar pasar las 1963 calorías que son necesarias, segun hemos calculado, es preciso una superficie de $1963:144=13$ pies cuadrados: una estufa pequeña tiene 1 $^1/_2$ pie de diámetro y 2 $^1/_2$ de altura; de modo que tendrá de superficie $11^{p.c.},7$, que quitados á los 13, queda $1^{p.c.},3$ que debe tener de superficie el tubo; si este tiene 6 pulg. de diámetro, tendrá de circunferencia $1^{p.},5$, por lo tanto necesita de longitud $1,3:1,5$, que es menos de 1 pie, para completar la superficie necesaria para tener la habitacion á la temperatura fijada. Tambien hay la regla práctica en este método de caldeo, de dar 1 metro cuadrado de superficie de enfriamiento, por 100 metros cúbicos de capacidad á calentar, ó sean 119 varas de capacidad por vara cuadrada: calculando con estos datos seria $210^{v.c.}:119=1^{v},76$ ó 16 pies cuadrados, que darian $16\times144=2304$ calorías: como se ve, este método da resultados algo mayores, y por tanto para los cálculos se debe preferir, ó tomar un medio entre los dos.

646. Propiedades de las estufas. El caldeo por estufas es sano, pues los gases de la combustion pasan al esterior, y el aire que alimenta la com-

bustion puede tomarse de la misma habitacion, en cuyo caso servirá para ventilar. Suele notarse á veces algo de olor producido por el hierro, si la temperatura es elevada; este es un fenómeno que no se esplica, y por tanto es difícil de remediar: tambien el aire calentado que se renueva poco, se dilata y queda en menor grado de saturacion de humedad; por esto dicen que las estufas secan el aire: puede ponerse un recipiente con agua encima de la estufa, ó en algunos puntos de la habitacion, y se evapora dando al aire la humedad que necesita, calculando que el aire caliente debe evaporar cada dia 3 á 4 cuartillos por cada 170 varas de capacidad á calentar. Resulta de lo dicho que, aunque buen método, no lo es tanto como las chimeneas por los inconvenientes dichos, y porque renueva menos cantidad de aire en la habitacion.

647. Formas de las estufas. Muchas son las formas de las estufas, sobre todo en su interior, pues cada fabricante suele modificarlas con mas ó menos acierto para hacer que el aire se enfrie lo mas posible en la misma caja de la estufa, y que esta despues vaya cediendo el calor al aire esterior cuando tiene menos fuego. La *figura* 318 es una estufa comun de chapa de hierro; tiene un revestimiento interior que disminuye su diámetro y sirve para depósito de calor: no suele ponerse rejilla generalmente en estos aparatos, pero la combustion se hace mal, sobre todo si es hulla ú otro combustible semejante; una rejilla sobre

Fig. 318.

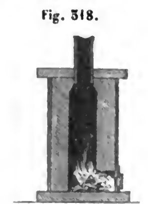


Fig. 319.

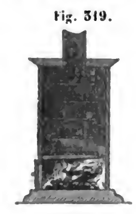
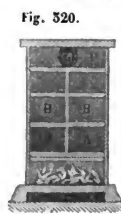
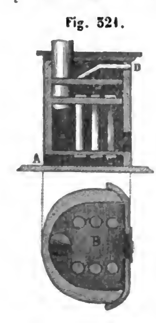


Fig. 320.



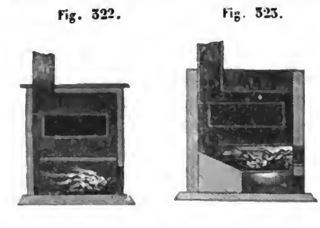
pies, se adapta bien á todas las estufas que no la tienen. La *figura* 319 está dispuesta para que el humo tenga circulacion mas larga y se enfrie mas. La *figura* 320 tiene el mismo objeto, pero en esta el humo sale del hogar, y por la parte posterior entra en las cajas *A*, subiendo á las *B* por delante, y así en las demás hasta salir á la chimenea *C:* estas dos últimas disposiciones

Fig. 321.



y todas las semejantes, son para grandes estufas en que el interior es de fábrica, en cuyo caso se calientan con un combustible que arda pronto para que tomen mucho calor, que van perdiendo lentamente por la mala conductibilidad de los materiales, manteniendo una temperatura poco variable en la habitacion por mucho tiempo, sin necesidad de añadir combustible: en los paises muy frios se usan estos aparatos de grandes dimensiones; pero en el caso de pequeñas estufas de metal será preferible otra clase de combustible que arda lentamente, pues el metal, como buen conductor, retiene muy poco tiempo el calor que recibe. La *figura* 321 es de una estufa de porcelana y ladrillo; el hogar está en *B*, y en él se encuentran unos tubos verticales que toman aire por *A* y le depositan caliente en la caja *C*, de la que sale por dos tubos *D* á la habitacion; esta estufa y otras semejantes se usan mucho en Francia en los comedores y piezas de familia. Pueden disponerse en el interior

tubos de otras muchas maneras que toman el aire y le calientan mas ó menos, haciéndolos dar diferentes vueltas dentro de la estufa, con objeto de que el aire, que tiene que recorrer un grande espacio, se caliente mucho. La *figura* 322 es tambien muy usada por su utilidad: es de porcelana, y á veces de tan pequeñas dimensiones que solo tiene $0^m,5$ de lado en cuadro por $0^m,6$ de altura; el humo circula segun marcan las flechas, y rodea una caja *A* completamente cerrada, que tiene una puerta al esterior; esta caja toma una elevada temperatura, y por tanto sirve de horno para calentar cualquier alimento, y hasta para condimentarle enteramente; sus pequeñas dimensiones hacen que sea fácil trasportarla de una pieza á otra, y en este caso tiene el tubo del humo, lateral ó torcido, y se introduce en la salida que debe tener la pieza donde se la trasporte. Esta misma de mayores dimensiones (*fig*. 323) sería de grande utilidad en las enfermerías ú hospitales, donde se tendrian calientes las medicinas á todas horas, pudiendo añadir encima una caja *A* con agua, que sirviera para los usos en que fuera necesario emplear agua caliente, para baño-maria en ciertas medicinas que necesitaran temperatura moderada, y finalmente para dar vapor al aire. En algunas partes se disponen estufas que tienen la salida del humo por debajo del pavimento de la habitacion, método que se adopta cuando no es posible sacar inmediatamente los cañones al esterior, ó cuando se quieren evitar porque produzcan mal efecto á la vista: están dispuestas, (*fig*. 324) con un tubo *A* dividido en dos partes; el humo se eleva por la parte *B*, donde tiene mucha fuerza ascensional por estar á elevada temperatura, y desciende por *C* para salir al esterior por debajo del piso de la habitacion: la fuerza ascensional en *B* basta para hacer que el aire salga por *C;* pero estas estufas aprovechan poco el calor, segun es fácil deducir de su disposicion, á no ser que el conducto *C* se cubra con planchas de hierro que formen parte del piso de la habitacion y hagan el efecto de los tubos al aire de las otras estufas: en esta figura hemos indicado otra forma interior que puede tambien adoptarse. En todas las estufas deben ponerse registros para cerrar los cañones cuando no hay humo, y así la combustion es mas lenta; pero se debe dejar siempre una pequeña abertura para que salgan los gases de la combustion. Concluiremos indicando un medio que puede emplearse para calentar con una estufa el aire de la misma habitacion ó el que entra del esterior. Supongamos (*fig*. 325) una estufa *A* de cualquier especie rodeada de un cilindro *B* de mayor diámetro, y abierto por la parte superior; practiquemos un canal *C* por donde entre aire del esterior á la caja circular *D*, colo-


Fig. 322. Fig. 323.

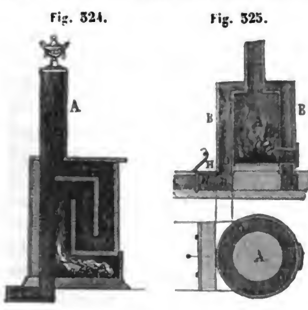


Fig. 324. Fig. 325.

cada debajo del aparato; supongamos que no se quiere hacer entrar aire del esterior: en este caso se cierra la entrada *C* por medio del registro *N* y queda abierta la entrada *H*, que lleva el aire á la caja *D* y sale por la abertura anular *O* á pasar entre el cilindro y la estufa, tomando calor de esta: supongamos que se quiere renovar el aire de la habitacion; en este caso una palanca unida al registro *N* sirve para hacerle girar de modo que cierre la entrada *H* y abra la *C*, en cuyo caso el aire esterior es el que pasa á la habitacion por *O*, y el espacio entre el cilindro y la estufa, en donde se calienta: si á este aparato acompaña una salida para el aire viciado en otro punto de la estancia, de que trataremos en la ventilacion, se podrá renovar el aire en poco tiempo: este método sería muy bueno en salas de mucha concurrencia, como talleres, escuelas y otros semejantes.

648. Comparacion de los tres métodos de calentar. Los métodos de calentar que hemos estudiado son los mas comunes, porque se emplean para pequeñas habitaciones, que es el caso general en el uso doméstico: si es menester calentar grandes espacios ó edificios enteros, se emplean otros medios que espondremos en seguida, pero antes reasumiremos lo dicho sobre los tres espuestos. Tratando la cuestion económicamente tendremos, segun los números que nos han resultado, que para producir efectos iguales con los combustibles que generalmente se emplean, si el coste del brasero se reduce á 1, el de la chimenea es 9,8 y el de la estufa 1,5, no contando el precio mayor de una estufa ó chimenea que el de un brasero, ni el del establecimiento de la salida del humo. Si comparamos los tres métodos bajo el punto de vista de salubridad, la chimenea es el preferible y despues la estufa, siendo el brasero de tan malos resultados, que debe proscribirse enteramente, ó donde esto no sea posible, usarle con mucha precaucion. En estos métodos de calentar no nos hemos ocupado de la ventilacion ó renovacion del aire, pues hemos supuesto el caso en que se encuestra una sala donde ninguna precaucion se ha tomado para que se ventile, que es lo mas general: si el aire se renovara, necesitaríamos con el brasero mas calor que el calculado para elevar la temperatura de este aire nuevo, lo que produciría mayor gasto, y la diferencia con la chimenea no sería tan grande. La estufa no ventila bastante tampoco si hay mucha gente ó gran número de luces en la estancia, y habria que aumentar el gasto para la ventilacion; solo la chimenea hace salir el aire suficiente, á no ser que se viciara en mucha cantidad, y por eso el número dado no deberia aumentarse para este método; es decir, que si al caldeo fuera unida la ventilacion, no tendria la chimenea tanta diferencia en el coste como resulta de los números dados.

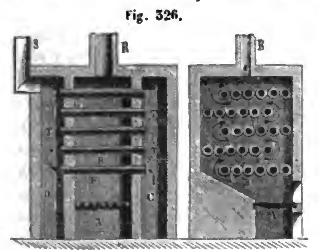
649. Medios de calentar grandes habitaciones. Cuando hay que calentar una estension mas considerable que la que generalmente presentan nuestras habitaciones, no sería económico emplear aparatos pequeños y aislados, y en tal caso se debe establecer un sistema general de caldeo para toda la estension ó edificio en sus diferentes departamentos, haciendo llegar á ellos el calor necesario para que tomen y conserven la temperatura fijada. El calor puede llevarse á los diferentes puntos por medio del aire, del agua caliente ó por el vapor: se concibe bien que si calentamos aire ó agua en un punto y los hacemos pasar á otro donde se enfrien, dejarán todo el calor que habian tomado para elevar su temperatura desde la que llevan hasta la que toman: enfriándose tambien el

vapor, será un medio escelente para hacer pasar calor á un punto dado, pues haciéndole condensar en él, nos dejará toda la cantidad de calórico latente que llevaba. Estos tres son, en efecto, los medios empleados para calentar, y de ellos nos ocuparemos, empezando por el aire caliente, y estudiando primero algunos aparatos empleados para calentarle, aplicables tambien á la desecacion y otros usos que pudieran ocurrir.

650. Caloríferos. Muchos son los aparatos llamados caloríferos empleados para calentar el aire; presentaremos, como hemos hecho hasta aquí en otros casos, los aparatos que producen mejores resultados, y ellos podrán tambien dar idea para construir otros distintos. En general se componen de un espacio por donde circula el humo de un combustible quemado en su hogar, y otro por donde circula el aire que toma al humo su calor. Si se desea aire á no muy elevada temperatura, se dividirá el espacio por donde debe pasar para calentarse, en partes de corta estension, y de este modo será mas la cantidad que pase, y menos su temperatura: si por el contrario se necesita el aire muy caliente, se alargará el espacio que deba recorrer para calentarse, y de este modo el aire será en menos cantidad y tomará una temperatura mas elevada: en todo caso el humo y el aire deben estar perfectamente separados, y los conductos ó tubos que se empleen para esta separacion deberán tener las menos uniones ó junturas posibles, pues por ellas suelen facilmente hacerse comunicaciones que mezclan el humo con el aire caliente. En la disposicion de los conductos ha de tenerse además presente que el humo y el aire que con él debe calentarse, han de marchar en sentido contrario siempre que sea posible, pues de este modo es mayor el efecto util. Lo mismo que en las estufas, el aire se dilata y queda con poca humedad, por lo que es conveniente, como allí se ha dicho (646), poner agua que pueda dar al aire el vapor necesario.

651. Datos para calcular los caloríferos. Segun los resultados de la práctica puede contarse para calcular un calorífero, por cada 100 metros cúbicos de capacidad que se hayan de mantener á 16°, 1 kilógramo de hulla por hora, ó 2 de madera, dando por cada kilógramo de hulla 2 metros cuadrados de superficie de caldeo á los tubos de calentar el aire, con 2 decímetros de seccion y 5 decímetros á la superficie de la rejilla; esto equivale próximamente á 1 vara cuadrada de superficie por libra de hulla ó por 2 de madera y por 60 varas cúbicas de capacidad á calentar.

Fig. 326.



652. Formas de los caloríferos. Un calorífero sencillo será el representado en la *figura* 326; es una caja de fábrica que contiene el hogar *A:* varias filas de tubos *B* abiertos por sus dos estremos atraviesan la caja, saliendo á otras dos laterales *C* y *D*, que comunican, la *C* con el esterior y la *D* con un conducto *S* por donde sale el aire caliente; los tubos están muy unidos, de modo que obligan al humo á pasar por entre ellos en la direccion que indican las flechas hasta la chimenea *R:* encendiendo el hogar, el aire se eleva en *S* porque se calienta, y en-

tra del esterior por los tubos, en los cuales tambien se calienta. Si se interceptan las cajas *C* y *D* en *T*, el aire entra solo en la primera fila de tubos y de estos pasa á la segunda como indican las flechas, y así á las demás, de modo que el mismo aire atraviesa las filas todas y se calienta mucho: pero si los obstáculos *T* no existen, entrará el aire por todos los tubos á la vez desde *C* y saldrá á *D*, calentándose menos por atravesar solo un tubo, pero será mucho mayor la cantidad que entre: estos tubos se hacen de hierro fundido, y si no se puede, se construyen de barro cocido y de una sola pieza, cosa fácil y de poco coste en un alfar: en todos los aparatos en que se emplean tubos, podrá hacerse como aquí indicamos, seguros de que producirán muy buenos resultados, pues si los de hierro pueden resistir mejor á un golpe, los de tierra resisten mas tiempo el calor sin deteriorarse. El aparato *figura* 327 es tambien sencillo; consta de varios tubos *A* compuestos de dos brazos que se reunen en uno y están colocados juntos, de modo que no dejan paso al humo por entre ellos; por su parte inferior comunican con dos conductos *B* abiertos al esterior, y por la parte de arriba con otro conducto *C* donde se reune el aire caliente, que saldrá por el tubo *D:* encendido el hogar *H*, calienta los tubos por radiacion, y además el humo pasa por detrás á la parte *N* y de aquí á la *R*, saliendo por la chimenea *P:* el aire que contienen los tubos se calienta y sale por *D*, entrando en ellos nuevo aire por los conductos *B:* tambien estos tubos pueden ser de hierro ó barro cocido. La *figura* 328 representa un calorífero que puede construirse de chapa de hierro: desde el hogar *A* pasa el humo por *B* á una caja en la que se encuentran otras menores *C* abiertas por dos costados opuestos; el humo circula como marcan las flechas, y el aire esterior entrando por las cajas, llega caliente al depósito *D:* este aparato es sencillo, y puede construirse de grandes ó pequeñas dimensiones. Se ha construido tambien un calorífero formado de un tubo ancho de hierro y despues una porcion de cilindros concéntricos á este tubo; el humo elevado en el tubo, bajaba por entre el primero y segundo cilindro y subia por entre el tercero y cuarto, y el aire esterior entraba por los otros espacios á reunirse en una caja superior, desde donde pasaba al punto en que era necesario. Para calentar grandes cantidades de aire se han empleado aparatos de muy diferentes formas, y algunos sumamente complicados; citaremos dos mas sencillos y que producen buenos resultados. La *figura* 329 es un calorífero de René

Fig 327.

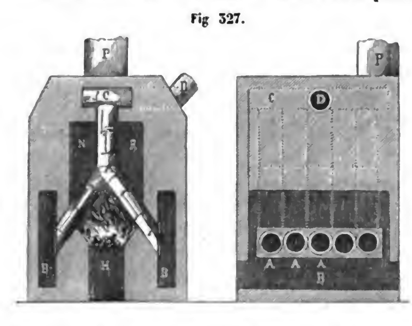
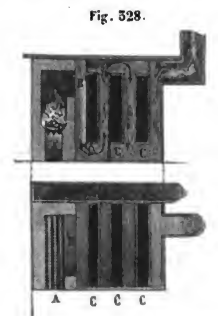


Fig. 328.



Duvoir; del hogar *A* pasa el humo por los tubos *B* á los *C*, y de estos por los *D* á los *S*, y sucesivamente á todos los demás, pues se encuentran en comunicacion como se marca en *E*; los últimos tubos *R* comunican por medio de los *O* con una chimenea *T* colocada detrás del hogar, pero sin otra comunicacion con él: por *P* entra el aire que se ha de calentar y sube contra los tubos calientes por *H*, y tambien contra la campana que cubre el hogar por *N*, al depósito superior *X*, desde el que pasa donde es necesario por los tubos *Z*; los tubos por donde pasa el humo son de hierro fundido y salen fuera de la fábrica, cerrándose por medio de placas con tornillos que se quitan cuando es necesario limpiar el hollin del interior del conducto de humo: en este aparato se hace mal el tiro de la chimenea al principiar á calentar, pues siendo muy largo el camino que tiene que hacer el humo hasta llegar á ella, se enfria demasiado; pero se remedia esto poniendo en la chimenea *T* un poco de fuego que hace el tiro al principio, y calentados despues los tubos ya no es necesario este fuego. En la Bolsa de Madrid hay un calorífero exactamente igual al que acabamos de describir, cuyas dimensiones son: largo y ancho esterior $2^m,2$ y altura 3 metros; el número de tubos de cada lado es 5 de $0^m,29$ de diámetro esterior; resulta solo para los tubos una superficie de caldeo de 20 metros cuadrados, á la que hay que añadir la superficie de la campana donde está el hogar. En el Congreso de Diputados de Madrid hay 7 caloríferos colocados en diferentes puntos de la cueva, cuyas dimensiones son con muy corta diferencia las del calorífero de la Bolsa, resultando de todos una superficie de 142 metros cuadrados solo en los tubos: el *A* tiene $0^m,6$ de diámetro y la rejilla circular $0^m,5$. Otro aparato es el que se construyó en la Cámara de los Pares y en la de los Diputados en París (*fig.* 330): es una caja rectangular de fábrica

Fig. 329.

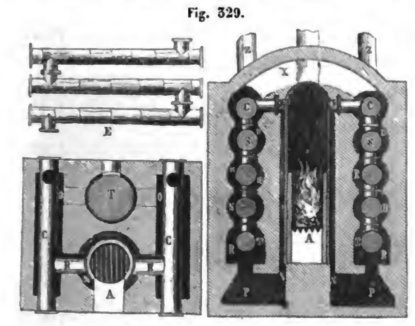
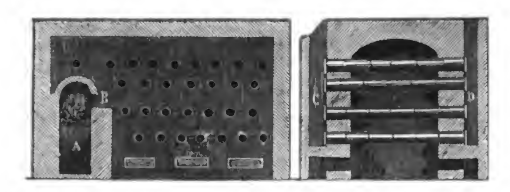


Fig. 330.



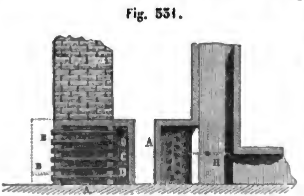
con un hogar *A*, de donde sale el humo por *B* y calienta los tubos de las dos filas superiores, y luego pasa por entre las dos de mas abajo á un canal practicado en la parte inferior, que le conduce á una chimenea; los tubos salen á

dos cajas *C* y *D*, una que comunica con el esterior y otra con un conducto por donde marcha el aire caliente: estos caloríferos son de alta ó baja temperatura, segun se haga circular por entre los tubos libremente el humo, ó como marca la figura, en las dos filas de abajo: daremos detalles de ellos con el objeto de que pueda formarse idea de sus dimensiones y del efecto que producen.

Paredes de la caja, grueso	Laterales	0m,25
	Anterior y posterior	0,2
Capacidad interior	Largo	2,8
	Ancho	1
	Altura mayor	1,8
	Id. menor	1,6
Hogar	Largo de rejilla	1
	Ancho	0,3
Tubos	Diámetro interior	0,2
	Longitud	0,5
	Distancia entre ellos	0,5
	Número de tubos	30
	Superficie total de caldeo	21,6
Temperatura del aire	En los de baja temperatura	80°
	En los de alta temperatura	140°
Máximo de hulla que pueden quemar por hora		10 kil.
Seccion de la chimenea para cuatro caloríferos		0m,64

Puede tomarse el calor del humo en una chimenea grande para calentar aire, teniendo sin embargo en cuenta que no debe tomarse tanto que el tiro se haga mal; entre muchas disposiciones que pueden adoptarse, es una sencilla, y aplicable á las chimeneas construidas, el que marca la *figura* 331. Una caja de fábrica *A* contiene varios tubos *B* que toman el aire del esterior y lo llevan á una caja menor *C*, desde donde sale por *O* al punto en que debe utilizarse; un registro *H* puede hacer que el humo pase por entre los tubos, ó directamente por la chimenea sin calentarlos. Si se añade otra caja al lado opuesto de la *C* y se colocan planchas *D* que haga pasar el mismo aire por muchos tubos, como se indicó (*fig*. 326), se podrá tener el aire á temperatura bastante elevada; este método podrá ser muy util para aprovechar el calor perdido y calentar aire para secadores, talleres y otros muchos usos.

Fig. 331.



653. Caloríferos de alta temperatura. Tambien se construyen caloríferos para dar al aire temperaturas muy elevadas; en muchas fábricas se calienta el aire que ha de entrar en los altos hornos, aprovechando unas veces el calor perdido de los mismos y otras empleando para el efecto una cantidad de combustible; daremos á conocer algunos de estos aparatos que producen buenos

resultados, teniendo en cuenta sin embargo que estos caloríferos aprovechan poco el calor, pues la superficie de caldeo suele ser pequeña y el humo se va á muy elevada temperatura: pero establecidos para utilizar calor que habia de perderse es evidente que son útiles. La *figura* 332 representa el calorífero de Dufresnoy: el aire entra por el tubo *A*, saliendo por el espacio comprendido entre este y el *B*, de mayor diámetro, y siguiendo en el mismo tubo llega mas abajo á salir por otro espacio entre *B* y *C*, hasta que ya caliente sale por *D*; la llama del hogar *P*, entra por las aberturas *S* al primer cuerpo del horno, y luego pasa por *O* al segundo cuerpo, desde donde marcha por la chimenea *N*: como el aire tiene poco espacio para pasar entre los dos tubos, se calienta mucho por el contacto de dos superficies calientes, pues el tubo interior está á muy elevada temperatura, porque toma el calor radiado por el tubo esterior: el movimiento del aire en estos aparatos se produce por medio de una máquina que le impele á entrar en el horno, y este

Fig. 332.

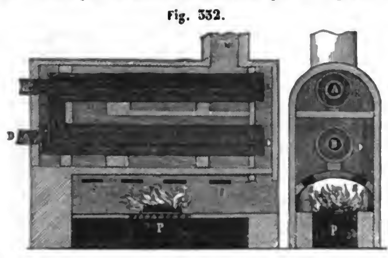
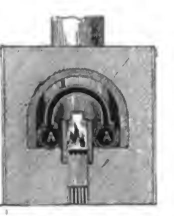


Fig. 333.





mismo impulso es el que le hace recorrer los tubos. El calorífero de Taylor (*figura* 333) consiste en dos tubos *A* de bastante diámetro, los cuales llevan tubuladuras en la parte superior, á donde van unidos unos tubos encorvados en arco de círculo *B*, y todo este aparato está colocado en un hogar con una chimenea al fondo: el aire entra por uno de los tubos *A* y sale por el otro despues de haber recorrido los tubos *B*, y en su paso por ellos se calienta con la llama del combustible á una elevada temperatura: las paredes del horno en estos casos deben estar guarnecidas en el interior de material bien refractario, y deben estar además reforzadas con tirantes y planchas de hierro en el esterior, para evitar su destruccion: los tubos *B* van unidos á las tubuladuras de *A*, entrando á frotamiento, y además poniéndoles ***betun de fundicion***; este betun, muy util en muchos casos, se forma del modo siguiente: limaduras de hierro fundido si pueden ser recientes, 100 partes en

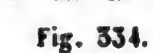
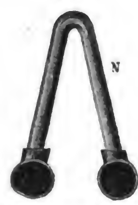


Fig. 334.



peso; sal amoniaco 2; azufre 1; sulfuro de antimonio $^1/_2$; todo se mezcla con agua ú orines. Dufresnoy ha establecido caloríferos de este sistema, pero dando mas estension á los tubos *B;* y para no ensanchar el hogar los ha doblado en la forma *N* (*fig.* 334), y de este modo hay mas superficie de caldeo: de uno de estos caloríferos establecido, y que funciona bien, hemos tomado los siguientes datos.

Largo de los tubos horizontales....	3m,30
Su diámetro interior.............	0,25
Número de tubos encorvados......	9
Su diámetro interior..............	0,08
Altura de las curvas.............	2,70
Largo de los tubos en línea recta...	5,5
Distancia entre ellos.............	0,05
Distancia de los tubos á la fábrica...	0,10
Ancho de la caja de fábrica.......	1
Largo del horno................	3,30
Temperatura que dan al aire......	320°

Suponen que en estos sistemas cada metro de superficie calentado al rojo puede dar 2 metros cúbicos de aire por minuto á 300°; nos parecen exajerados estos números, ó por lo menos se empleará para conseguirlo una cantidad grande de combustible. Estos aparatos producen muy buenos resultados cuando se colocan en la boca de un alto horno, dando á este en la parte superior la forma de la *figura* 335, que representa otro aparato empleado tambien con muy buenos resultados. Consiste en un tubo que se dobla en un plano vertical como se marca en *A;* el estremo *B* se dobla horizontalmente, y luego vuelve vertical, produciendo otra figura igual á la *A*, y sigue lo mismo varias veces; la máquina hace entrar al aire por un estremo, y despues de recorrer el tubo, sale por el otro; el horno se carga por la puerta *O*, que se cierra despues. La *figura* 336 representa un aparato para la boca de un pequeño horno; el humo sale por un cilindro *A* y pasa al espacio anular *B*, desde donde sale por las chimeneas *C;* el aire entra en el espacio *O* entre dos cilindros de hierro por la parte *N*, y luego sale á la parte opuesta por un tubo que nace á la altura de *S*, pero que está delante, y no se debe ver en el corte que representa la figura: el horno se carga por una puerta lateral *M*, que se cierra.

Fig. 335.

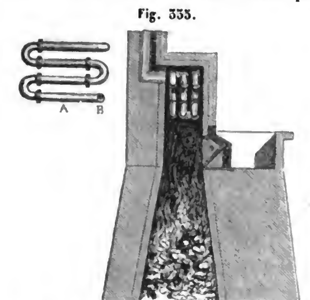
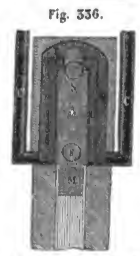


Fig. 336.



654. Caldeo de grandes espacios por el aire caliente. El aire caliente es muy buen medio de caldear, cuando no debe hacer un largo ca-

mino para llegar al punto en que se ha de utilizar el calor, pues de lo contrario, su pequeña capacidad calorífica le hace enfriarse muy pronto. Citaremos por ejemplo de este método de caldeo la Cámara que antes era de los Pares en Francia. En una cueva debajo del salon de sesiones estaban colocados los caloríferos en dos filas, cuatro de cada lado, y así un mismo fogonero podia cuidarlos: cuatro de estos caloríferos, idénticos al de la *figura* 330 pero de los de baja temperatura, hacian salir el aire caliente por debajo del pavimento de una sala colocada encima de ellos, la que se calentaba bien; de aquí pasaba el aire á dos depósitos laterales, que le dejaban salida por dos bocas practicadas en cada uno, al salon de sesiones colocado encima de la sala antes dicha, y á donde entraba el aire por debajo de la graderia donde estaban colocados los asientos, saliendo por una infinidad de pequeños orificios practicados en el frente de los escalones, formando todos unidos mas de 4 metros cuadrados de salida; otros dos caloríferos, tambien de baja temperatura, enviaban parte de su aire por diferentes bocas á los pasillos del piso primero y segundo, y á la escalera: en los dias mas frios ha podido tenerse la temperatura del salon de sesiones de 12 á 15°, y la de los pasillos y escalera de 10 á 14, siendo el consumo de hulla en 9 ó 10 horas de caldeo, término medio del año, 3 hectólitros diarios, ó sean 252 kil., contando á 84 kil. por hectólitro. Parte del calor de los dos caloríferos que calentaban la escalera y pasillos, y dos caloríferos de alta temperatura, debian calentar un gran salon llamado la estufa de los naranjos, y además la Biblioteca, situada encima, y dos pabellones laterales: el aire salia á la estufa por 7 bocas, á las que llegaba por un canal practicado bajo el pavimento, teniendo que recorrer para llegar á la del centro unos 18 á 20 metros, segun hemos podido medir aproximadamente, y de esta á la última de cada lado, otro tanto: este largo camino hacia perder al aire mucho calor, pues segun esperimentos hechos, saliendo de unos caloríferos á 80° y de otros á 140 no tenia al salir por la boca del centro mas que 95°, y al salir por las laterales solo 27, lo que hacia subir la temperatura de la estufa unos 4 ó 5° solamente sobre la esterior, de modo que cuando esta era baja, la estufa estaba muy fria. La Biblioteca se calentaba por el aire que salia por 2 bocas de calorífero de baja temperatura y otras 4 de caloríferos de alta temperatura; de las primeras salia el aire á solo 35° y de las segundas á menos de 60°, lo que hacia que esta dependencia estuviera solo á 7° sobre la esterior cuando mas caliente estaba, por cuya razon en los dias frios no se encontraba á la temperatura conveniente: el aire que se hacia llegar á los pabellones laterales estaba completamente frio. Vemos por lo dicho que en este edificio, la parte que recibia el aire caliente á poca distancia de los caloríferos, estaba perfectamente caldeada; tal era el salon de sesiones y sus dependencias inmediatas; pero el resto del edificio, que recibia desde mucha distancia el aire caliente, no lo estaba al grado necesario. Este sistema se ha reemplazado con otro mas ventajoso, conservándose sin embargo el mismo en la Cámara de los Diputados, hoy edificio del cuerpo legislativo. Segun lo dicho, el aire caliente deberá emplearse cuando no tenga que recorrer grande estension para llegar á ellos, como salones de reunion, teatros en algunos casos, iglesias y otros puntos semejantes. En la Bolsa de Madrid hemos dicho hay establecido un calorífero (*fig*. 329): se encuentra colocado en una cueva debajo de la sala de contratacion, y el aire caliente entra en ella por aberturas en

el piso á las que llega por un canal de fábrica; otras aberturas en la misma sala, que comunican con la cueva, son las que suministran el aire á esta, pues no tiene entrada mas que por ellas y la caja de la escalera; un tubo que sale del calorífero, además del canal dicho, lleva parte del aire á 3 bocas del piso principal colocadas en otras tantas salas, que son las de agentes y corredores; por una de estas pasa tambien el cañon del humo, que es un grueso tubo de fundicion: no hemos podido observar sus resultados, porque no se enciende, y por tanto nos abstenemos de emitir juicio ninguno sobre el caldeo, habiéndole indicado, porque es de los pocos edificios en Madrid que tienen establecido aparato de calentar. Tambien hemos dicho que en el Congreso de Diputados de Madrid se han establecido 7 caloríferos: segun los datos que hemos podido obtener, consumen 80 arrobas por dia cuando se encienden á las siete de la mañana hasta las tres de la tarde, en que dejan de alimentarse, y continua el caldeo con el calor que retienen los aparatos: hay además 12 chimeneas en el piso bajo y 7 mas en las salas de reunion de las secciones: las 12 chimeneas consumen 4 á 5 arrobas de leña al dia, lo que hace un total de 120 á 130 arrobas sin contar la que se consume en las 7 chimeneas de las secciones, que se encienden poco: en un dia que esten encendidos los aparatos el tiempo que dejamos indicado, cuesta el caldeo, á razon de 28 cuartos arroba de leña, sobre 400 reales, y no se encuentran á la temperatura conveniente algunas partés del edificio. Si tuviéramos los datos suficientes, que no hemos podido procurarnos, emitiríamos nuestro juicio razonado sobre este caldeo; de lo que diremos despues podrá sin embargo deducirse cuál es nuestra opinion en general. Citaríamos otros varios ejemplos de muchos edificios, y entre ellos de templos caldeados por este sistema en diferentes puntos, y aun podríamos describir los caloríferos empleados: pero nos hemos propuesto presentar un ejemplo detallado de cada clase para darle á conocer y estudiar sus ventajas ó inconvenientes; si nos detuviéramos mas, sería interminable este punto.

655. Calorífero y chimenea. Un método de calentar que hemos visto dar muy buen resultado, es colocar un calorífero cualquiera, grande ó pequeño, pudiendo servir para el objeto una estufa (647) colocada en alguna pieza del edificio, en donde caliente por radiacion, por ejemplo en el comedor: el aire caliente que produzca se hace pasar al salon ó punto donde sea necesario, en el cual se coloca una chimenea (639), que haciendo salir el aire del salon llamará el caliente del calorífero, y así se tienen las ventajas de la chimenea, ventilacion y temperatura conveniente.

656. Caldeo por medio del vapor. El agua para pasar al estado de vapor toma 540 unidades estando á la temperatura de 100 grados (418), las cuales abandona al condensarse: segun esto, se concibe que haciendo llegar vapor de agua á un punto dado y condensándole en él, dejará todo su calórico latente; de modo que habremos trasportado una porcion de calor al punto donde nos ha sido necesario. Como es fácil conducir el vapor de un punto á otro, por medio de tubos ó canales, resulta un escelente sistema de caldear, sobre todo cuando son muchos los puntos en que el calor es necesario. Varias son las partes que hay que considerar en un sistema de caldeo por el vapor: ya hemos visto cuanto corresponde á calderas ó generadores para formarle, y sabemos

tambien el diámetro que deben tener los tubos que le conduzcan (382); pero llegado al punto donde el calor es necesario hay que condensarle, y por tanto ha de colocarse un aparato á propósito, al que debe acompañar un conducto que saque el agua de condensacion.

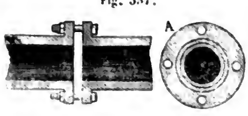
657. Condensador. El condensador es generalmente un tubo de metal, que suele ser de plancha de hierro, de cobre ó mejor de hierro fundido para que no deje salir el vapor: los de plomo y otros metales no producen buenos resultados para esta aplicacion, porque las soldaduras se abren á poco tiempo. El grueso de las paredes del tubo, puede ser cualquiera, pues esto es sin influencia para la trasmision del calor (385), pero la tiene grande el estado de pulimento y demás circunstancias del tubo (386): tengamos presente que una superficie escamosa y negra y un tubo vertical, producen la mayor condensacion de vapor, pero esta última circunstancia no puede aprovecharse generalmente, pues hay que ponerlos horizontales.

658. Superficie de condensacion. Segun los esperimentos hechos, puede contarse que 1 metro cuadrado de superficie de hierro fundido condensa por hora 1k,80 de vapor, que da 972 calorías, y 1 metro de cobre 1k,75, que son 945 calorías; lo que da por vara cuadrada 1k,26 para el hierro fundido ó sean 680 calorías, y por vara de cobre 1k,22, ó 600 calorías; con estos datos no hay mas que repetir los cálculos que se han hecho en otros sistemas, pues el calor necesario le tendremos por el aire que se ha de calentar por hora, y de este sacaremos la superficie del condensador; indicaremos tambien una regla práctica de los ingenieros para evitar los cálculos ó para comparar: una sala de reunion, biblioteca, oficina ú otro sitio semejante, necesita 1 metro cuadrado de superficie de condensacion por cada 66 ó 70 metros cúbicos de capacidad para mantenerse á una temperatura media de 15°, en las circunstancias generales de paredes y ventanas: otros sitios que no necesitan tanta temperatura, como talleres y lugares semejantes, pueden calentarse con 1 metro cuadrado de superficie de condensacion por cada 90 á 100 metros de capacidad; lo que nos da por vara cuadrada de superficie de condensador 80 á 120 varas de capacidad, segun las circunstancias dichas anteriormente.

659. Disposicion de los condensadores. Hemos visto que los condensadores son generalmente tubos, pero tambien en algunos casos son cajas formando pedestales y armarios, ó tienen otra figura que sirve de ornato á un salon elegante, siendo tambien cajas ó canales cubiertos colocados en el pavimento, pero en todo caso es necesario que haya una salida para el agua de condensacion, y una válvula que se abra de fuera á dentro para que, al enfriarse el aparato, no produzca la atmósfera una presion esterior por el vacío que se forma dentro del condensador; finalmente, es necesario tambien una salida para el aire que llena el aparato cuando empieza á entrar el vapor, pues sin esta, el aire se opondria al movimiento del vapor, y luego se mezclarian, y la condensacion sería mucho menor. Es necesario tener tambien en cuenta en los condensadores de mucha longitud, que la dilatacion por el calor puede romperlos. Cuando los condensadores son tubos, deben estar muy bien unidos para que el vapor ó agua de condensacion no salga por ellos, y son varios los medios de hacer estas uniones: cuando han de ser permanentes y fijas, ó sea sin movimiento, puede emplearse en ellas

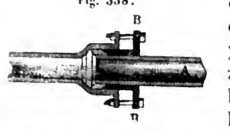
el betun de hierro (653), y si son pequeños, puede usarse tambien el *betun rojo*, compuesto de 4 partes de albayalde y 1 de minio, que se amasan con aceite de linaza; pero tiene mal olor para habitaciones cerradas: si son de cobre y se sueldan, no ha de ser con soldadura de estaño, pues produce mal resultado; si los tubos tienen golas salientes, se aprietan con tornillos (*fig.* 337), y pueden ponerse

Fig. 337.



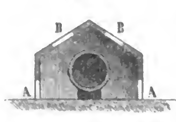
entre ellas unos anillos de hierro dulce ó de plomo, y aun de carton mojado en salmuera, y luego se aprietan fuertemente: es tambien muy buen método el poner un alambre de cobre ó hierro en dos ó tres vueltas sobre las golas *A*, despues de haberlas repasado para que esten bien planas: apretando fuertemente resulta una union perfecta. Para compensar la dilatacion, cuando los tubos estan sujetos por dos estremos se hacen las uniones de otro modo (*fig.* 338): el estremo de uno de los tubos *A*, entra en una

Fig. 338.



caja formada al estremo del otro; en el hueco de la caja y el tubo se pone una trenza de estopa ensebada, y despues se comprime con un cortafrio á martillazos, ó se añade una pieza anular *B* con su gola saliente para formar una caja de estopas (572); habiendo bruñido el estremo del tubo *A*, cuando se dilata entra en el otro y no hay peligro de que se rompa, teniendo presente que debe quedar distancia entre los bordes interiores de los dos tubos para que al dilatarse no se tropiecen: deben estar apoyados en rodillos, para que puedan moverse fácilmente cuando se dilatan. Suele hacerse tambien otra compensacion, que consiste en interrumpir el tubo principal y poner los dos trozos en comunicacion por medio de otro tubo delgado de cobre y encorvado, que compensa la dilatacion por su elasticidad. Los tubos se colocan de muchas maneras: si han de estar suspendidos en el aire, se les sostiene con varillas de hierro sujetas á unos tornillos que atraviesan el techo; ó se apoyan en palomillas colocadas en la pared; en sitios de reunion se hacen pasar los tubos por debajo de los asientos y sirven para calentar los pies; en puntos donde hay una máquina de vapor se hace esto con el que ha servido en el cilindro, por ejemplo en las salas de los barcos de vapor: en el Instituto de Francia están colocados los tubos para calentar la Biblioteca debajo de las mesas de los lectores, y para mayor

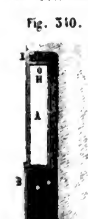
Fig. 339.



comodidad, y que los tubos no se vean, tienen encima una caja de madera terminada por dos planos inclinados (*figura* 339); esta caja tiena unas aberturas *A* por donde entra el aire y sale caliente por *B*; en la sala de juntas debajo de las mesas de los académicos hay una cosa semejante, pero de hierro, cubierta con alfombra. Los tubos se ponen tambien dentro de canales practicados en el suelo y cubiertos con planchas de hierro; así están en la Bolsa de Paris y en el mismo Instituto citado, en algunos puntos, entre otros en el vestíbulo, para que las personas que entran, puedan secarse y calentarse los pies. Cuando los condensadores están en un salon ú otro sitio semejante se hacen, como hemos dicho, de formas que contribuyan al ornato, y así tambien los hay en el Instituto antes citado, en

unos puntos contra la pared y en otros embebidos en ella (*fig.* 340): están formados con una caja de hierro fundido *A*, en la que entra el vapor que llega por *D*, saliendo el agua de condensacion por *C* y el aire por *H*, en donde hay una llave; esta caja se encuentra embebida en la pared en un hueco mayor, y así puede circular el aire detrás del condensador, entrando por la parte inferior y saliendo por la superior *E*, en donde hay una plancha de laton calada; en *B* hay una piedra mármol que oculta los tubos. En el estremo opuesto á donde entra el vapor se coloca un tubo que conduce el agua condensada al depósito, y con ella puede alimentarse la caldera; este tubo tiene llave para si se quiere dejar el agua en los condensadores cuando acaba de llegar el vapor, y así el agua al enfriarse mantiene la temperatura de la estancia por algun tiempo.

Fig. 340.



660. Ejemplo del caldeo por el vapor. Para ejemplo de este método de caldear vamos á presentar detalles del establecido en la Bolsa de París. El generador es una caldera de baja presion, colocada en la cueva y en el ángulo S. E. del edificio; se alimenta con el agua que se recoje de los tejados en un depósito, y si esto no basta, con la de las fuentes inmediatas: el salon es rectangular, con una galería de columnas al rededor, y para calentarle se han colocado 4 cajas en los ángulos de esta galería dentro del suelo, las que se unen con 3 tubos que conducen el vapor de una á otra, colocados en canales tambien en el suelo, cubiertos con planchas de hierro fundido; estos canales rodean, segun se ve, todo el salon por el piso de la galería; otro tubo menor saca el agua de condensacion, y otro conduce vapor á diferentes caloríferos colocados en algunos puntos fuera del salon, semejantes al marcado en la *figura* 340: el canal está formado de piedra y mortero, y con un poco de inclinacion por si algun tubo deja marchar agua; toma aire de la cueva y le hace salir, calentado con el contacto de los tubos, por diferentes bocas en el salon y vestíbulo, en el que hay otro calorífero: el sistema en general produce buen resultado, á pesar de que se pierde bastante calor por el suelo. Ponemos á continuacion los datos que sobre el caldeo de este edificio hemos obtenido.

Salon	Largo	39 m.
	Ancho	25
Caldera	Largo	4
	Ancho	1,10
	Alto	0,65
Chimenea de hierro fundido	Altura	25
	Diámetro	0,36
Tubos condensadores	Largo de cada trozo	2
	Diámetro interior	0,16
	Grueso	0,017
Canales donde estan colocados los tubos	Ancho	1,1
	Profundidad	0,8

Superficies diferentes.........	De los tubos................................	240 mc.
	De las planchas que cubren los canales..	117,30
	De caldeo en los diferentes caloríferos...	50
	De los tubos de conduccion de agua......	48
	Total de las bocas por donde sale el aire de los canales............................	2
Temperaturas..................	De las planchas que cierran las cajas....	95°
	De las que cierran los canales............	50
	De la sala..................................	15 á 16

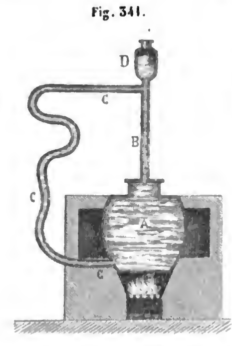
Cantidad de vapor condensado por metro cuadrado y hora, calculado segun los datos de este caso particular..................................	1k,12
Cantidad de metros cúbicos calentados por metro cuadrado, que sirvió de base para los cálculos..	67 mc.

Tiempo que dura el caldeo...	Del salon....................................	5 h. d.
	De las demás piezas........................	8
	En el año....................................	6 meses.
Cantidad del combustible (hulla)......................	En la temporada...........................	68000k
	Por dia	419

Gasto diario de fogoneros y combustible, término medio................	36 fr.
Coste del establecimiento de este sistema..................................	86000

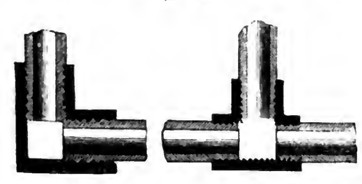
661. Caldeo por el agua caliente. El agua, por su mucha capacidad calorífica, es un medio de llevar calor á un punto donde sea necesario, pues si hacemos llegar á él una cantidad de agua á 70° por ejemplo, y la dejamos enfriar hasta 10, tendremos por cada kilógramo 70—10=60 calorías; pero el agua tiene todavía la ventaja de que cediendo el calor lentamente, mantiene una temperatura constante, y con mucho menos cuidado en los aparatos, durante un tiempo bastante largo; y se añade á todo esto, que pueden hacerse aparatos sencillos en que el agua circule por sí sola y sin que haya necesidad de alimentacion: es en cambio mas lento para funcionar, y los aparatos tienen un límite en su estension para producir buen efecto, por cuyas razones será preferible en unos casos y desventajoso en otros: vamos á examinar este método. Supongamos (*fig.* 341) una caldera *A* de la que sale un tubo vertical *B*, y que á la parte superior de este se une otro *C* que despues de varias vueltas, viene á terminar en la parte inferior de la caldera; si llenamos de agua todo el aparato, caldera y tubo, y se enciende el hogar, el agua de la caldera se hará menos densa y se elevará, reemplazándose por otra mas fria del tubo *C*, y esta á su vez será reemplazada por el agua caliente, que al pasar por el mismo tubo *C* se enfriará, volviendo á la caldera á calentarse, estableciendo de este modo una circulacion contínua que lleva al tubo *C* agua caliente para enfriar, dejando su calor y volviendo

Fig. 341.



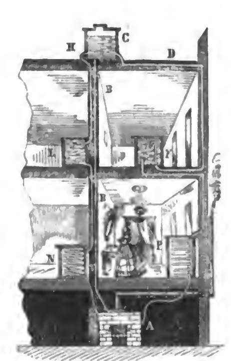
á calentarse á la caldera: si este tubo *C* le suponemos largo y en la forma conveniente para que tenga en cada punto donde sea necesario la suficiente superficie para dejar pasar el calor necesario, resultará completo el sistema de caldeo por circulacion contínua de agua. Las partes que constituyen un aparato de este género, que puede funcionar á baja ó alta presion, son varias: ocupémonos de la baja presion. La primera parte será una caldera colocada en su correspondiente hogar para calentar el agua; de esta hemos dicho todo lo necesario en su lugar correspondiente, y solo tenemos que ocuparnos aquí de su capacidad: si es grande tenemos la ventaja de que la mucha cantidad de agua que puede contener será un depósito de calor para suplir en parte el tiempo que el hogar esté apagado: pero tambien cuando este se encienda tardaremos mucho mas en elevar la temperatura: por eso se hace variar su capacidad entre 15 y 30 centésimas de la total del aparato, teniendo en cuenta en cada caso particular, si es mas conveniente celeridad en calentar ó conservacion de calor. La superficie de caldeo se calculará segun los datos que tenemos (569, 587) y para el combustible contaremos la mitad de su potencia calorífica. A la caldera se une un tubo vertical para que el agua ascienda, y se termina este tubo por un recipiente *D* llamado el *vaso de espansion*, que sirve para que el agua, dilatada con la temperatura, tenga espacio donde colocarse: además por este recipiente se llena de agua el aparato, y sirve tambien para depósito del vapor formado, pudiendo en el caso de baja presion, que es el que nos ocupa, estar abierto ó cerrado: sigue despues el tubo ó aparato donde se enfria el agua, el cual no deberá esceder en altura al tubo vertical, pues el agua se saldria por *D* sin circular; tampoco debe esceder, segun ha dado la práctica, de 90 varas por cada lado del tubo de elevacion: este tubo es de cobre ó de hierro, y puede tener un diámetro de 10 á 15 centímetros, ó entre 4 y 7 pulgadas. Puede calcularse la cantidad de agua que debe pasar á una temperatura dada para dejar el calor necesario en cada punto de la circulacion, pero en las circunstancias comunes en que se encuentran estos aparatos con respecto á temperatura interior y esterior, se tomarán los números siguientes como regla práctica de buenos resultados: si los tubos se encuentran en la misma estancia que deben calentar, se contará 1 metro cuadrado por cada 35 á 40 metros cúbicos de capacidad á calentar, ó 40 á 47 varas cúbicas por vara cuadrada; pero si la superficie sirve para calentar fuera de la estancia el aire que despues debe entrar caliente en ella, se tomarán por metro cuadrado lo mas 25 metros de capacidad á calentar, ó 30 varas cúbicas por vara cuadrada. Estos tubos se unen soldándolos bien, ó empleando las uniones que dijimos al tratar del vapor (659). La *figura* 149 es otro medio de union, pues los tubos de laton *A* y *H* pueden ser los de hierro que se trata de unir, y si es necesario separar algun trozo se corre la tuerca *B* hácia *C*, y deja libre el tubo *H:* estas mismas uniones se pueden hacer en tubos que formen ángulo (*fig.* 342). Cuando los tubos se encuentran en la misma estancia se doblan en serpentin, ó de otra manera que se crea mas conveniente para que den la es-

Fig. 342.



tension necesaria de superficie y ocupen poco espacio; tambien podrán colocarse estufas de agua, esto es, recipientes que formen parte del circuito. La *figura* 343 sirve para dar idea de un sistema de caldeo completo; de la caldera *A*, colocada

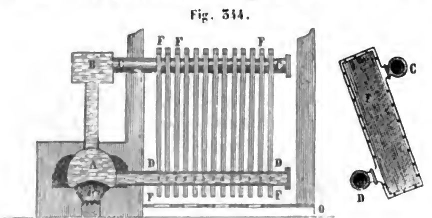
Fig. 343.



en una cueva, sale el tubo *B*, por donde sube el agua caliente al vaso *C* de espansion, que sirve tambien para calentar la estancia superior dándole la suficiente capacidad; á este vaso se une el tubo *D*, que baja á la estancia inmediata, donde se ha figurado en *F* una estufa de agua; el tubo pasa por debajo del pavimento y entra hasta la parte superior de la caja *F*, donde termina para continuar en la parte inferior, de modo que estando llena de agua la caja ó estufa *F*, formará parte del circuito; el tubo baja despues á *P*, donde se ha figurado en forma de serpentin cuadrado, y dentro de una caja, que podrá ser de metal ó de otro cuerpo, y que tendrá aberturas en la parte superior é inferior para que circule el aire por entre el tubo y salga caliente; de aquí baja ya el tubo á la parte inferior de la caldera. De la caja de espansion *C*, sale otro tubo *H* por el lado opuesto y baja á *L*, donde suponemos otra caja rectangular ó estufa llena de agua, y á la que llega el tubo por la parte superior, donde está cortado, para empezar en la inferior; de modo que esta caja forma tambien parte del circuito: el tubo sigue á *N*, donde se supone un serpentin circular dentro de un cilindro de metal con las correspondientes aberturas para la circulacion del aire, y de aquí viene el tubo á terminar en la parte inferior de la caldera. Es evidente que la superficie de caldeo será la suma de las superficies de tubos, cajas, ó todo otro aparato que esté en contacto por el interior con el agua caliente y por el esterior con el aire; y por tanto colocando los tubos de conduccion de agua en los diferentes pisos, ó descubiertos bajo de asientos y mesas, ó encima de cornisas, y tambien dentro de canales practicados en la pared ó el suelo, y cubiertos de modo que calienten el aire, formarán parte de la superficie de caldeo.

662. Caloríferos de agua caliente. Si el aire debe calentarse por el agua, fuera de la estancia, pueden hacerse diferentes caloríferos. Supongamos (*fig.* 344) que el tubo *C*, antes de entrar en la caldera, lleva el agua á un aparato de mucha superficie, colocado en un canal ó caja que reciba aire por la

Fig. 344.



parte inferior y salga caliente por la superior; tendremos un calorífero de agua, que podrá ser de infinidad de formas y tamaños, pues sea cualquiera la forma, el agua se reparte por igual en todos los tubos ó partes del aparato, que la reci-

ben de un tubo comun: describiremos algunos de estos aparatos. La *figura* 344 representa un calorífero muy usado en Inglaterra hasta en las casas particulares: *A* es la caldera, que será mejor de forma cilíndrica; *B* es el vaso de espansion del que sale el tubo *C*, al que van unidas varias cajas *F* muy chatas y de 1 metro próximamente de superficie, compuestas de dos tapas de hierro fundido que se unen por medio de tornillos, poniendo entre las uniones, tiras de tela metálica que con la presion de los tornillos juntan perfectamente; estas cajas van fijadas por el lado opuesto á otro tubo *D* que lleva el agua á la caldera: todas las cajas están en un canal que recibe el aire por la parte inferior *O*, repartiéndole entre ellas, y sale caliente por la parte superior. Puede disponerse otro aparato del modo siguiente (*fig*. 345): la caldera, hogar y caja de espansion será lo mismo que en el anterior, y de la caja de espansion saldrá el tubo *A*; este lleva el agua á un tubo central *B* y á dos espacios anulares *C* y *D* en comunicacion con los tubos *S*: en estos espacios hay colocados tubos *N* abiertos por sus dos estremos, de manera que el aire se eleva por estos tubos y por los espacios que entre sí dejan las cavidades anulares *C* y *D*, volviendo el agua por *R* á la caldera: todo este aparato va colocado en un canal como hemos dicho en el aparato anterior. Se ha hecho un calorífero uniendo al tubo que sale de la caja de espansion otra caja *A* (*fig*. 346), de la que salen varios tubos como el *B*, y en los que se coloca otro central *D* abierto por sus dos estremos: el agua pasa entre estos tubos volviendo á la caldera por *C*, y el aire sube por el central y por entre los tubos esteriores.

Fig. 345.

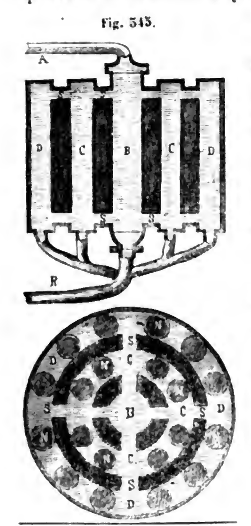


Fig. 346.

663. Circulacion á elevada temperatura. Se han construido aparatos de circulacion que funcionan á una presion de varias atmósferas, y entre otros el que ha sustituido al de aire en la Cámara de los Pares de Francia (654): para conseguir la presion se cierra completamente la caja de espansion, á la que se pone una válvula de seguridad; los tubos se unen con mucho esmero, y el aparato se prueba antes de funcionar colocando una bomba impelente en el vaso de espansion, que introduce agua hasta que resulta una presion bastante superior á la mayor que haya de resistir el aparato; calentado el hogar, la presion de la dilatacion del agua, y si hay espacio libre, la presion del vapor formado, hace que el agua circule á una temperatura mayor que la que tiene al circular en el sistema á baja presion (661), por lo que ni es necesaria tanta

superficie para calentar, ni tubos tan gruesos: Perkins ha dispuesto este sistema para que resulte mayor presion y temperatura, suprimiendo la caldera y formando la rejilla del hogar con un tubo doblado varias veces lleno de agua; este tubo sale á formar serpentin á un conducto de humo que recibe el del hogar, y el estremo del serpentin forma el tubo vertical por donde se eleva el agua á la caja superior, desde la que sale á calentar, y vuelve al hogar para formar la rejilla: como el combustible se quema encima del tubo mismo del agua y el humo calienta tambien otra parte de él, se eleva la presion y temperatura del agua de una cantidad considerable, y deja por tanto mucho calor al enfriarse. Estos aparatos de alta presion establecidos en muchos puntos han dado muy buenos resultados, pero tambien han producido alguna vez funestos efectos, como es fácil preveer; supongamos que se hace una pequeña salida en un tubo, cosa fácil por su mucha estension y su gran presion interior; el agua saldrá con violencia á muy elevada temperatura, convirtiéndose al instante en vapor, sin que sea fácil detenerla porque abrasa al que se acerca: por esta razon solo en algun caso particular podrá adoptarse, pero en general será preferible el sistema de caldeo á baja presion.

664. Ejemplos del caldeo por el agua caliente. Vamos á citar, como ejemplo de este sistema de caldeo, el establecido en la iglesia de S. Roque en París. Esta iglesia se compone de tres cuerpos separados, que son, la iglesia principal, la capilla de la Virgen, y otra parte llamada el Calvario: bajo la capilla de la Virgen se encuentra establecida una caldera con dos hervidores, y desde su parte superior sale un tubo vertical, que despues se inclina y forma el de circulacion pasando por un canal practicado en el piso de la nave derecha, y volviendo por la izquierda á uno de los hervidores despues de recorrer todo el recinto de la iglesia; el canal está formado de fábrica, dejando un espacio entre esta y la tierra para evitar la pérdida de calor, y el fondo es de madera; en él circula el aire, que sale á la iglesia calentado por unas aberturas cerradas con rejillas: está además el canal interrumpido con traviesas de madera al lado de cada salida, y toma aire del esterior junto á estas traviesas, de modo que el aire tiene que recorrer entera la distancia de una salida á otra, calentándose en toda la estension con el contacto del tubo: la superficie de caldeo se halla aumentada con un tubo que sale de la caldera y va á reunirse al principal en el punto mas alto de este, que es el mas distante de la caldera, y está aumentada tambien porque el tubo principal no es del mismo diámetro en toda su estension, pues tiene partes mas gruesas en diferentes puntos: un segundo tubo, dispuesto de igual manera, recorre la capilla de la Virgen y Calvario; además, á la capilla sale aire calentado por una estension de 7 metros de longitud de la chimenea, por donde marcha el humo del hogar, la cual es de plancha de hierro. Estudiado este sistema se ha visto que, siendo la diferencia de temperatura del aire esterior al interior 7 grados, son necesarios cuatro á cinco dias de interrupcion en el caldeo para que baje 1 grado la del interior. Con los datos siguientes se completa el conocimiento de este sistema

Dimensiones de la iglesia y capillas		Largo total	110 á 115 $^{m.}$
		Ancho	28
		Alto	15 á 18
		Area	3200 $^{mc.}$
		Volumen	32000 $^{mc.}$
		Volumen de pilares	1800
		Superficie de pared que se enfria	3500 $^{m.}$
		Grueso de la pared	0,5
		Superficie de vidrios	860
		Número de vidrieras	64
	Dimensiones de la iglesia sola	Largo	68
		Ancho	28
		Alto	18
	Capilla de la Virgen, que es circular.	Diámetro	30
		Alto de la media-naranja	25
Tubos de la iglesia		Diámetro	0^{m},14
		Longitud	168
		Inclinacion por metro	0,03
		Diferencia mayor de nivel	4 á 5
Tubos de la capilla y Calvario		Diámetro	0^{m},12
		Longitud	168
Superficie total de caldeo			164$^{mc.}$,85
Superficie de caldeo de la caldera			15^{m},40
Superficie de rejilla			0,40
Diámetro de la chimenea			0,35
Volumen de agua		Que se calienta en la caldera	3$^{mc.}$,008
		Que se enfria en la circulacion	4,218
		Total	7,226
Temperatura del agua		En la caldera	120°
		A la vuelta á ella	102°
		Media	111°
Salidas de aire		Número de ellas	22
		Superficie de cada una	0$^{mc.}$,133
		Superficie de una de ellas	0,4
		Superficie total de ellas	3,235

Máximo efecto que puede producir el aparato	16° sobre la temperatura esterior.
Cantidad de hulla por hora para el mismo efecto	40 kil.
Calor aprovechado por kilógramo segun cálculo	3850 calorías.

La iglesia de la Magdalena se encuentra tambien en París caldeada por el mismo método: un canal recibe el tubo de circulacion, que viene á parar á diferentes pozos practicados en el piso y cubiertos con rejillas, en los cuales hay

estufas de agua que calientan al aire: la iglesia, segun contrata, debe mantenerse á 12 grados, y con la ventilacion cuesta 15 francos diarios. El hospicio de Lariboissiere, tambien en Paris, se calienta por este sistema: en cada pabellon hay un hornillo, especie de cocina, que sirve para el servicio inmediato del hospital, y el calor perdido de él se aprovecha en calentar una porcion de tubos colocados en la chimenea, desde donde circula por las salas del hospital, escalera, sala de paseo y habitacion de las beatas: calienta por medio de estufas de dia y de noche á 15°: el volumen total de cada pabellon es de 7291 metros cúbicos, y cuesta por dia en invierno con ventilacion 16 $^{1}/_{2}$ francos. Aunque pudieran citarse otros ejemplos, creemos que bastan los que hemos esplicado para dar á conocer el método, por lo que terminaremos este punto con dos aplicaciones para las que produce mejores resultados este sistema que otro cualquiera. Es el primero para las estufas de los jardines, y el segundo para las incubaciones artificiales.

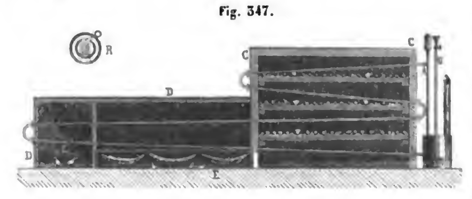
665. Estufas para jardines. En muchos paises, á pesar de tener un clima muy destemplado, cultivan y conservan plantas raras y particulares, obteniendo resultados admirables; véanse las flores y frutos que en esos paises presentan los cultivadores, y nos convenceremos de ello, siendo un ramo que produce grandes utilidades: en algunas de nuestras provincias el cultivo está bastante adelantado, y en todas podremos acaso encontrar ejemplos en particular; pero hablando en general es mucho lo que tienen que hacer nuestros cultivadores en este ramo para igualar á los de otros paises. No nos toca entrar en esplicaciones sobre el cultivo, ni en general ni en particular; pero sí es de este tratado dar á conocer uno de los elementos principales para obtener los resultados que hemos indicado, cual es el de una *estufa* de conservacion y cultivo, con todas las buenas condiciones que son de desear, reduciendo sin embargo la esplicacion á lo mas importante del objeto, sin entrar en detalles de construccion. Los sitios destinados á cultivar ó conservar ciertas plantas, se llaman *invernáculos*, cuando son solo abrigos contra la radiacion y las influencias directas de la atmósfera, pero que no se calientan artificialmente; son *estufas templadas* cuando no deben bajar de una temperatura dada, que no es muy alta, pero que necesitan calentarse siempre que su temperatura es menor que esta, y son, en fin, *estufas calientes* aquellas que deben conservar constantemente una temperatura superior á la de las templadas, y que siendo elevada, necesitan calentarse todo el año en los climas frios, y la mayor parte en los templados: los invernáculos deben colocarse en los puntos mas resguardados del Norte, si es posible en la vertiente de alguna altura, y en donde no haya árboles ni otro obstáculo que intercepte los rayos solares: elejido el sitio, se eleva un muro grueso en direccion de Oriente á Poniente, y sin ventanas ni puertas: algunos prefieren colocar los invernáculos algo inclinados hácia Oriente para que las plantas reciban los primeros rayos del sol directamente: á la distancia de este muro que dé el tamaño necesario, se colocan pies derechos que sirvan de apoyo á la cubierta; si esta ha de ser tejado, es necesario que su inclinacion ó vertiente sea hácia el muro, y el ancho de la estufa estará determinado segun el pais por la altura del sol, siendo regla general que si el sol ha de dar en el fondo de la estufa todo el año, es necesario que llegue á él á mediados de junio al medio dia; pero los invernáculos bien

construidos, tienen las cubiertas y paredes laterales de cristal, con una inclinacion la primera de 45°, y de este modo penetra siempre el sol: si son estufas, y sobre todo calientes, pueden construirse lo mismo para las plantas de gran tamaño; pero cuando son pequeñas las plantas, ó son para criaderos, se construyen en parte dentro de tierras, y en este caso se forma un foso de 3 á 4 pies de profundidad, el cual se sostiene con muros de fábrica, y sobre ellos se forma otra pared vertical de 2 á 4 pies de altura, que debe ser de cristales, poniendo encima la cubierta tambien de cristales con vertiente á los dos lados; de este modo conserva su temperatura en lo posible, y la forma de la cubierta hace que el interior sea de pequeño volúmen para que necesite menos calor: deben ponerse además esteras en forma de cortina, para evitar la radiacion de las noches y la pérdida de calor en los grandes frios: el piso debe ser duro, con arena, y en algunas partes ponen una capa de estiercol ó casca de tenería, que conserva y hasta produce calor por la fermentacion; nos parece que este método será perjudicial á las plantas, porque pueden formarse gusanos que las ataquen: es necesario en el interior, un depósito de agua, que al mismo tiempo que sirva para el riego y para plantas acuáticas, dé al aire la humedad que necesita. El aire interior, muy cargado de humedad, se enfria por el contacto con los cristales, y deposita sobre ellos el vapor en cantidad bastante para escurrir (476); deben por tanto hacerse en los ángulos unos canales, que reciban el agua de condensacion, y la hagan bajar á tierra por medio de pequeños conductos. No es indiferente la eleccion del vidrio, pues le hay que se altera con el calor y la humedad; suelen probarle colocando pedazos de él en una vasija al fuego, mezclados con vitriolo verde (sulfato de hierro); si despues de algun tiempo se altera poco ó nada, es vidrio aceptable. Toda la parte de pared, ha de estar pintada de blanco, y las puertas y junturas de ventanas, de modo que el aire esterior no penetre. Hecha ya la estufa, el medio mejor de caldearla es sin duda ninguna el de circulacion de agua, pues la temperatura es igual y no mucho mas elevada en una parte del aire, como sucederia si entrara caliente á 100° por ejemplo, que mataria las plantas que encontrara á su paso; se puede arreglar el calor á la temperatura esterior; y en fin, no necesita una vigilancia muy esmerada, pues un descuido no producirá gran disminucion de temperatura en la estufa. Para calcular la superficie de tubos de circulacion, suponiendo una elevacion de 30 á 32° sobre la esterior como máximo del calor que ha de dar el aparato, hay la regla práctica en este caso de contar por cada 5 de superficie de cristal 1 de superficie de tubo; de modo que por 5 pies cuadrados contenidos en la superficie que forman los cristales pondremos 1 pie cuadrado de superficie de tubo; haciendo además que la capacidad de la caldera sea por lo menos $^1/_8$ de la capacidad total del aparato. Los tubos, si son de cobre, se pueden soldar con estaño, pues aquí no es peligrosa una pequeña fuga de agua; la puerta del hogar se pone fuera de la estufa, y la caldera dentro en un estremo ó en el medio, segun la estension; sobre ella se pone el tubo de elevacion, ó sale el tubo de circulacion inclinado y da vuelta por debajo de las graderías donde se colocan las plantas. Si los estanques tienen tambien plantas que necesitan cierta temperatura, se hace entrar el tubo de circulacion dentro de ellos para que caliente el agua. Puede aprovecharse el calor perdido del humo para calentar alguna parte

de la estufa que necesite mas temperatura; pero si se adopta el medio de calentar aire para hacerle entrar en la estufa, es menester cuidar de que no se ponga en contacto con las plantas antes de haberse enfriado lo necesario para no dañarlas. Pudiéramos citar varias estufas que hemos visto, aun en España, en que este método de circulacion está produciendo los mejores resultados.

666. Incubaciones artificiales. La otra aplicacion del caldeo por circulacion es en las incubaciones artificiales. Para producir el fenómeno de la incubacion, sin madre, se colocan los huevos en un punto donde el aire sea húmedo y tengan constantemente la temperatura de 39 á 40° centígrados, que es el producido por la llueca: con estas condiciones á los 20 ó 22 dias salen los pollos. Para lograr la temperatura, nada equivale á una circulacion de agua, y tanto es esto cierto, que de la aplicacion á este objeto ha nacido la idea de emplearla para grandes caldeos. La *figura* 347 es un aparato de incubacion, que puede hacerse en grande y en pequeño: una caldera dentro de un cilindro de mayor diámetro para formar el conducto del humo, aprovechará bien el calor; estas calderas se han hecho con un regulador para la entrada del aire, pero esto no evita la vigilancia, y el aparato es mas complicado; la puertecilla del cenicero mas ó menos abierta, arreglará la temperatura; sale de la caldera el tubo de elevacion *A* y otro *B* para llenar el aparato cuando es necesario, y que el aire salga por *A*: el tubo de circulacion pasa á la caja *C* por entre sus vasares, y sale á la *D* volviendo á la caldera: en los vasares, sobre paja ú otro cuerpo blando, se colocan los huevos, y tambien unos paños mojados ó esponjas que den humedad al aire; la temperatura debe ser como hemos dicho de 39 á 40° centígrados, ó 31 á 32 Reaumur, la que se puede conseguir constante con poner carbon dos veces en 24 horas: todos los dias se abren las puertas de la caja *C* para renovar el aire y el agua de las esponjas, teniéndola abierta algunos minutos, lo mas 15: á los 20 dias ó algo mas empiezan á salir los pollos, que se pasan á la caja *D*, en donde hay *madres artificiales*, que son pieles de oveja *E* con pelo largo suspendidas por sus estremos; al cabo de algunos dias se les pasa á la parte *L*, en donde circula aire que se permite entrar por los costados: la cria del pollo exije despues grandes cuidados, en los que consiste principalmente el éxito de la operacion.

Fig. 347.



667. Caldeo por el agua y vapor combinados. Supongamos un depósito de agua y en su interior un tubo; si por él hacemos que pase vapor, este se condensará dejando todo su calórico latente al agua, que se calentará en poco tiempo, y enfriándose despues dará su calórico específico á la estancia ó sitio donde se encuentra el depósito, de modo que tenemos combinadas las ventajas del caldeo por el vapor y el agua; de este modo el vapor puede tomarse de un generador para los diferentes puntos donde sea necesario calentar una parte ú otra independientemente y á grandes distancias: si algunos de los tubos se rom-

pe, como contendrá vapor será fácil interceptarle, y no producirá los efectos de un tubo con agua roto, que la deja salir á las habitaciones: estas ventajas comprobadas en grande escala, hacen preferible á todos los demás el método indicado en la mayor parte de los casos. El sistema general se compone de un generador de vapor, que ya conocemos; desde este sale un tubo que por medio de otros menores conduce el vapor á los diferentes puntos donde es necesario, calculando el diámetro de estos tubos segun la cantidad de vapor que deben dejar pasar (582); en estos puntos habrá establecidos recipientes ó estufas de agua iguales á las ya esplicadas (661), y en las que entra el tubo de vapor formando las vueltas necesarias, para que tenga la superficie de condensacion calculada, saliendo despues para dirigirse al depósito donde haya de reunirse el agua de condensacion. Para los cálculos de este sistema tendremos presente lo dicho en la circulacion de agua (661), y además que 1 metro cuadrado de superficie de tubo metálico sumergido en agua se puede suponer que condensa 120 kil. de vapor cada hora, dando por consiguiente $120 \times 540 = 64800$ calorías (418), resultando para 1 vara 84 kil. de vapor condensado, y $84 \times 540 = 45360$ calorías. Este sistema se ha establecido en la prision celular moderna de París *Maison Mazas*, donde está produciendo escelentes resultados: el edificio está dividido en 6 cuerpos, en los que hay 1220 celdas incomunicadas para recibir los presos, conteniendo además las dependencias necesarias, como salas de comunicaciones, corredores, oficinas y otras muchas: una gran estufa de agua, calentada por el vapor, sirve para calentar un piso de cada cuerpo del edificio, y hacer circular en las celdas que contiene, el agua caliente que las ha de caldear: los datos que nos hemos podido procurar sobre el caldeo de este edificio son los siguientes.

Capacidad del edificio	50000 mc.
Superficie de pared al aire	13000 m
Grueso de la pared	0,6
Superficie de vidrios	2173

Celdas	Largo	3m,75
	Ancho	2
	Alto	3
	Capacidad	22,5
	Número de ellas	1220

Grueso de los tubos de circulacion de agua	0m,081
Superficie de caldeo en cada celda	1,2
Cantidad de aire renovado en el edificio por hora	30000 mc.
Temperatura de las celdas	13 á 16°
Cantidad de hulla por hora término medio	1620 kil.
Calor útil por kil. de hulla	3750 unidades.
Número de generadores de vapor para todo el caldeo de la prision	6

668. Comparacion de los métodos de calentar. Reasumiendo lo que hemos dicho sobre los métodos de calentar grandes edificios, encontramos que el del aire caliente es bueno cuando la éstension es corta, y el aire tiene que hacer poco camino; su establecimiento no es costoso, y ocupan un pequeño espacio los aparatos necesarios; pero debe desecharse cuando hay que calentar una esten-

sion considerable, y además no es enteramente sano, pues el aire dilatado á grande temperatura tiene un grado muy bajo de saturacion de vapor, y toma agua de donde la encuentra; además adquiere algo de olor en contacto de supertficies metálicas á elevada temperatura, aunque no siempre. El vapor lleva de pronto una grande cantidad de calor al punto necesario, sea cualquiera la distancia; no es dificil de establecer; pero cuando la formacion de vapor cesa, cesa tambien el caldeo completamente, pues no hay medio de mantener la temperatura constante sino por la condensacion contínua: tambien es caro de establecer; será un escelente método cuando se ha de caldear algunas horas al dia solamente, pues así empieza ó cesa cuando es necesario. La circulacion de agua presenta la ventaja de elevar la temperatura del aire de una manera uniforme, y mantenerla por mucho tiempo sin necesidad de vigilancia grande en el hogar, y aunque haya un descuido, suple la masa de agua caliente por su lentitud para enfriarse; pero tiene el inconveniente de que puede la rotura de un tubo inundar de agua caliente una habitacion; además no puede estenderse á grandes distancias, porque la presion crece en los tubos de circulacion; tambien, debiendo ser esta circulacion contínua, no puede calentarse una parte sin calentar todas las demás que están en la misma circulacion, lo que hace que en muchos casos está un punto á temperatura demasiado elevada para que otro tenga la conveniente, ó se desperdicia calor en un punto á la hora que no es necesario, por calentar otro en donde se necesita: su establecimiento es tambien algo caro. La circulacion á alta presion tiene todavía mayores inconvenientes, por ser mas fácil que se rompa un tubo, y por los funestos efectos que este accidente podria producir: estos métodos de circulacion, pero sobre todo el de baja ó media presion, serán muy buenos donde hay que calentar dia y noche á una temperatura constante. El agua y vapor combinados producen escelentes resultados, puesto que se evita la circulacion contínua, y por tanto se lleva calor donde es necesario; el agua acumula el calor que recibe del vapor y le pierde lentamente, por lo que no es preciso estar produciendo vapor contínuamente, sino dos ó tres veces al dia, para calentar los depósitos de agua, y segun las veces que esto se haga podrá obtenerse la temperatura conveniente; es por tanto el método que deberá preferirse para caldear en mucha estension y de una manera contínua. Pero lo dicho no se ha de entender de un modo absoluto; en cada problema las circunstancias particulares determinarán la eleccion ó combinacion de un sistema ú otro; por ejemplo, el humo que sale de los hogares en los sistemas del vapor ó agua, podrá en un calorífero calentar el aire que se ha de renovar en las habitaciones para la ventilacion; en una fábrica ó en otro punto donde haya máquinas de vapor, podrá este, despues de haber servido en ella, aprovecharse para calentar los talleres y volver el agua de condensacion á la caldera para alimentarla: si no hay máquinas de vapor, pero sí hornos de cualquier género, se podrá utilizar su calor perdido en caloríferos para caldear las dependencias; en una palabra, el ingeniero industrial deberá en cada problema sacar el mejor partido posible de los elementos con que cuente.

669. Consideraciones sobre el caldeo. Hemos examinado con alguna detencion los medios de caldear las habitaciones, convencidos de la importancia de esta cuestion, y mas que todo, porque en nuestro pais está este pun-

to enteramente descuidado; no hay apenas un edificio público ni particular caldeado por un sistema general bien establecido: nuestras habitaciones tienen acaso alguna chimenea mal construida, y que no llena como debe su objeto por carecer de las circunstancias necesarias para ello; las casas antiguas no las tienen, ni tampoco medio fácil de colocarlas, y en todas es el brasero el método de calentar generalmente empleado. Si consideramos los edificios públicos, como bibliotecas, museos, oficinas, hospitales, iglesias, cuarteles y otros muchos que pudiéramos citar, ninguno está caldeado con un sistema general; siendo tambien el brasero, y cuando mas una estufa, el medio de calentar, ó no empleando ninguno, que es lo general: si en algun edificio se han colocado caloríferos, no se encienden, ó porque llenan mal las condiciones necesarias, ó por otras causas, pero que nada estraño es que así suceda cuando está en ellos estampado el punto de su construccion, y este es París, desde donde no es fácil haber apreciado convenientemente los datos para resolver el problema: en otros paises, los edificios públicos se calientan de una manera lo mas económica posible, pero al grado necesario, y la estancia en ellos es agradable: las iglesias, lugares fríos y mal sanos por lo general en nuestro pais, son calientes y agradables en otros, como debe ser el punto donde la religion llama á todos; y para dar una idea de lo que se va generalizando el sistema de caldear las habitaciones en otros paises, citaremos París, en donde no solo existen palacios, y otros establecimientos que ocupan el edificio entero, calentados por un sistema de los que hemos esplicado, sino casas donde se arriendan las habitaciones separadas, entrando en el precio del alquiler el que la habitacion haya de estar á tal temperatura convenida: así el rico que habita en el piso principal, lo mismo que el pobre que se acomoda en la boardilla, encuentran en su casa una temperatura agradable y por un precio muy módico: únase á esto el taller, el hospital y hasta la prision, caldeadas y ventiladas convenientemente, y tendremos mejorada la condicion del pobre.

CAPITULO XI.

VENTILACION.

670. Ventilacion. Hemos visto los medios de mantener una habitacion grande ó pequeña á la temperatura necesaria para hacer agradable la permanencia en ella, pero no basta esto: es necesario además que sea sana, y para lograrlo se necesita que el aire, viciado por diferentes causas, salga de la estancia, y sea reemplazado por un aire puro: esto es lo que se llama *ventilar*.

671. Cantidad de aire necesaria. Sabemos que la respiracion es una combustion en que el hombre quema carbono (450), y por tanto produce ácido carbónico, quitando oxígeno al aire, apreciándose en $^1/_3$ de metro cúbico el que, por hora y por persona, es necesario para esta combustion: pero esta es la menor causa que altera el aire; el hombre desprende vapores por la traspiracion cutánea y pulmonar, los cuales, segun se cree, van acompañados de una sustancia animal que entra prontamente en putrefaccion, y produce el mal olor

que se advierte en todo lugar en donde hay poca ventilacion: es necesario disolver el vapor producido, en la suficiente cantidad de aire para sacarle con él al esterior. La cantidad de agua en vapor que produce un hombre por las dos traspiraciones, se ha apreciado en $0^{k},038$ por hora; pero 1 metro cúbico de aire, suponiéndole á 15°, saturado (422) contiene $0^{k},013$, que á media saturacion será 0,0065, luego en estas condiciones para los $0^{k},038$ necesitaremos $0,038:0,0065=5^{m.c.},9$ de aire por persona: esta cantidad unida á la anterior para la combustion, da mas de 6 metros cúbicos por persona y hora; pero muchas causas pueden hacer que no sea bastante, y por tanto es necesario contar de 7 á 10 metros cúbicos por persona y hora, ó 12 á 17 varas cúbicas, aumentando este número todavía en el caso de ventilar un punto en que se encuentren muchos hombres reunidos constantemente, como un cuartel ó una prision, en donde es necesario 15 metros ó 26 varas cúbicas, y aun este número será muy pequeño en un hospital, en que, término medio, deben contarse para cada cama 30 metros ó 50 varas cúbicas, y á veces mas: solo podrán contarse los 6 metros calculados, ó 10 varas, en el caso de reuniones de niños, como salas de escuelas ó colegios.

672. Aire viciado por las luces. Todavía se vicia el aire por otra causa, que es la combustion de las luces: esta causa puede apreciarse contando por luz y hora, desde $^{1}/_{3}$ de metro cúbico ó 14 pies cúbicos si es una bujía, hasta $^{1}/_{4}$ de metro ó 56 pies cúbicos si es una lámpara de aceite de las mayores.

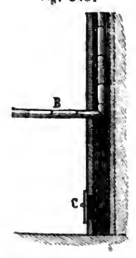
673. Otros gases en el aire. En algunos casos particulares podrá haber en el aire otros gases, y entonces necesita renovarse probablemente mas cantidad: si contiene 0,08 de ácido carbónico ó 0,01 de óxido de carbono, el gas no es respirable (635); luego si hay desprendimiento de estos gases deberá ser enérgica la ventilacion para que no llegue nunca el caso de tener ni aun la mitad de estos números, que ya produce malestar; de modo que nunca debe encontrarse en el aire, para que sea sano, 0,04 de ácido carbónico y 0,005 de óxido de carbono. El hidrógeno sulfurado puede encontrarse en el aire, pues lo producen los pozos inmundos y los lugares semejantes; tambien es un gas muy dañoso, puesto que puede morir un pájaro si hay en el aire 0,0007 de su volumen de este gas. El amoniaco, que igualmente se desprende en los mismos lugares, tambien es muy perjudicial: y en fin, otros gases ó vapores que pudieran desprenderse en algunos talleres, como ácido sulfuroso ó vapores de mercurio, es necesario que sean estraidos del lugar habitado por una ventilacion que los haga salir tan pronto como se forman, pues de lo contrario el lugar no es sano. Tambien es necesaria la ventilacion en los talleres donde se forma polvo duro, como en los de cristal tallado, piedras de chispa ó polvo de acero, pues las partículas respiradas, atacan los pulmones de los obreros. Reasumiendo diremos, que en todo sitio cerrado en que hayan de permanecer mas ó menos tiempo personas reunidas; en todo sitio donde hay combustion de luces ó braseros, que mezclan sus gases con el aire de la habitacion; en talleres donde se desprenden gases nocivos ó polvo duro; en minas; y en una palabra, en toda estancia donde ha de haber vida animal, es necesario ventilar mas ó menos segun las circunstancias.

674. Medios de ventilar. La ventilacion puede hacerse de varios modos, por el calor ó por diferentes máquinas. El calor es aplicable en grande y en pequeño; con él es facil de dirigir la ventilacion, y no exije mucha vigilancia,

produciéndose además el efecto con regularidad, por cuyas razones es el método preferible en la mayor parte de los casos. Supongamos una chimenea, y en la parte inferior de ella, ó en su interior, en cualquier punto, un hogar ó foco calorífico; el calor de este foco pasará al aire, que haciéndose ligero se elevará en la chimenea, reemplazándose con otro que podrá tomarse en cualquier punto por medio de un canal: si este canal está en comunicacion con la estancia que se quiere ventilar, el aire de ella será atraido para salir por la chimenea, siempre que haya una entrada en la misma estancia por donde llegue otro aire á reemplazar al que sale; puede para esto, como se concibe bien, aprovecharse el calor perdido de un aparato cualquiera, por ejemplo del de caldear. El aire que debe reemplazar al que sale no ha de ser ni seco ni saturado; y aunque nada positivo puede decirse con respecto á la cantidad de agua mas conveniente en el aire, se admite sin embargo que debe tener la cantidad de agua que corresponde á media saturacion para la temperatura de 15 á 16°; debe además tomarse de la parte del Norte, y lo mas lejos posible del suelo: con estas condiciones se supone á propósito para las habitaciones ó salas de reunion.

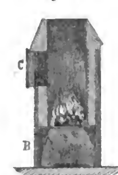
675. Habitaciones particulares. Ya sabemos que por una chimenea sale mas aire del necesario para la combustion (636); por lo tanto una sala no necesitará mas ventilacion que la producida por la chimenea, á no ser en el caso de mucha reunion en tiempo muy largo y sala de grande estension; pero el aire tendrá que entrar en cantidad suficiente del esterior, porque de lo contrario podrá no bastar el que se renueva. Cuando la reunion es corta bastará el molinete de hoja de lata que suele ponerse en lugar de algun cristal para dar salida al aire viciado; pero no bastará siempre, y menos si el aire no tiene entrada. En las reuniones de muchas personas suele hacerse la permanencia en los salones muy molesta, y no es siempre por falta de ventilacion, sino por el calor que producen las personas y luces: ya hemos visto que el hombre produce por hora 70 calorías (450) en el acto de su respiracion; pero con este calor evapora los $0^k,038$ de agua que produce por sus traspiraciones (671): por tanto, si cada kilógramo necesita 640 calorías para convertirse en vapor (418), esta cantidad necesitará $640 \times 0,038 = 24$ calorías próximamente, que restadas de los 70 nos dan $70 - 24 = 46$; luego cada persona por hora deja libres 46 calorías, que en muchos casos serán mas que las perdidas por paredes y vidrios, y entonces habrá necesidad, en lugar de calentar, de promover una ventilacion de aire mas fresco que tome el esceso de calor y resulte la temperatura conveniente. Si hay una estufa podrá darse entrada al aire necesario para la ventilacion empleando un método como el esplicado en la *figura* 325, y en este caso el aire que sale será el que alimente la estufa; si es poco, se podrá hacer una chimenea como *A* (*fig.* 348) en donde entre el cañon *B* de la estufa, y de este modo en *A* se produce un tiro por el calor de *B*, saliendo el aire por la puertecilla *C*, que puede estár cerrada cuando no sea necesario ventilar; la misma chimenea servirá para ventilacion de verano poniendo un pequeño hogar en *A*, que hará salir aire de la habitacion, pudiendo entrar el que le reemplace por el mismo canal de la estufa ú otro


Fig. 348.



semejante de un punto donde haya aire fresco. Este es el método aplicable tambien para grande cantidad de aire, siempre que tenga la suficiente seccion y el calor necesario, ya sea perdido de un hogar cualquiera, ó ya producido en la misma chimenea. El hogar puede hacerse pòrtátil en forma de estufa (*fig.* 349), compuesto de un cilindro de hierro *A* de bastante estension, que tiene por la parte inferior *B* entrada para el aire: el combustible se carga por la puerta *C*, que debe estar cerrada, y el interior del cilindro guarnecido con arcilla para que no se queme: colocado este aparato dentro de la chimenea de ventilacion, el aire pasará en parte por la rejilla, y además entrará por la chimenea y la estufa, resultando la ventilacion necesaria: un combustible que arda lentamente y una puerta que haga mas ó menos grande la entrada *B*, arreglará la ventilacion sin que sea necesario un gran cuidado para ello. Si se hace entrar el aire en la habitacion desde un calorífero, se podrá tambien ventilar por el mismo método, aprovechando la chimenea del calorífero para producir la ventilacion por otra chimenea como en la *figura* 348.

Fig. 349.



676. Ventilaciones de grandes edificios. Para ventilar un lugar de mucha estension se ha empleado el método que acabamos de indicar, produciendo muy buenos resultados, dando en este caso á las chimeneas una seccion sumamente grande con el objeto de que el aire pase por ellas con muy poca velocidad, y de este modo se aprovecha mas el combustible. Como regla práctica se admite que una chimenea en este caso debe tener 2,5 á 3 metros cuadrados de seccion segun su altura, dando el menor diámetro, cuando esta sea 28 á 30 metros; fijadas las dimensiones de la chimenea se calcula qué cantidad de combustible debe quemarse por hora para dar á todo el aire que se quiere sacar una temperatura de 25° sobre la del esterior. Las chimeneas para pequeñas ventilaciones son de menor diámetro, y se pueden calcular como las chimeneas de hogar (552), suponiendo el aire á 100°, y haciendo la superficie de la seccion lo menos doble de la que nos resulte. Supongamos que se trata de ventilar un hospital, y que han de sacarse 15000 metros cúbicos de aire por hora ó 25500 varas; lo primero reduciremos el volumen del aire á peso, multiplicando por $1^k,3$ los metros cúbicos (225), y nos dará $15000\times1,3=19500$ kil.: si fuera agua necesitaría para elevarse á 25°, que hemos dicho ser la temperatura que se da al aire, $25\times19500=487500$ calorías (360); pero el aire necesita la cuarta parte de calor que el agua (407), luego serán $487500:4=121875$ calorías: si el combustible es hulla, contando (501) por kil. 7500 calorías, será $121875:7500=$ $=16^k,25$, ó $35,^{lib.}26$, la cantidad de hulla que ha de quemarse por hora para todo el aire que se ha propuesto. Por las observaciones hechas en varios puntos, puede contarse que en un sistema de ventilacion de verano bien dispuesto cada kil. de hulla saca de 1000 á 1200 metros cúbicos de aire, ó sean 800 á 1000 varas cúbicas por libra de hulla; segun esto, los $16^k,25$ deben sacar 16250 á 19500 metros cúbicos, que es mas de lo que da el cálculo; pero esto nos hace ver que debe calcularse del modo dicho, pues será suficiente la ventilacion siempre; y en el caso de ser escesiva, disminuyendo un poco el combustible y poniendo registros para cerrar mas ó menos los canales de aire, ten-

dremos la ventilacion necesaria; cerrando completamente estos canales cesará la ventilacion donde no haga falta. Los registros son siempre necesarios para arreglar la ventilacion, que no suele ser constante; generalmente en invierno la ventilacion es menor para no perder tanto calor del que se le da al aire para calentar. Este método de ventilar tiene la ventaja de que si el hogar se apaga, el calor que tiene la chimenea puede hacer la ventilacion de una manera bastante regular por espacio de algunas horas; si por ejemplo se apaga de noche, podrá seguir la ventilacion hasta la mañana, con solo el calor de la chimenea y del aparato de calentar el aire. La chimenea debe tener el hogar en su parte mas baja, pues la esperiencia y el cálculo han hecho ver, que aunque el aire haya de dirigirse hácia abajo para que llegue al hogar, por ejemplo si este se encuentra en una cueva, es mucho mas ventajoso hacerlo así que dirigir el aire directamente á una parte mas elevada de la chimenea. Puede presentarse como ejemplo de este método de ventilar, la prision de Mazas (667) en París; en ella se hace la ventilacion por una chimenea de 4 metros cuadrados de seccion y 29 de altura, que puede sacar 30000 metros cúbicos de aire por hora á 14 grados sobre la temperatura esterior, gastando en el hogar 20 kil. de hulla por hora en dia de invierno y 25 en dia de verano, para sacar esta cantidad de aire: en las celdas hay comunes formados por tubos que terminan en unas galerías subterráneas en las que hay colocados toneles debajo de los tubos: las varias galerías de este género que tiene el edificio están en comunicacion con la chimenea colocada en el centro del mismo, haciéndose la ventilacion de cada celda por el tubo de su comun, que conduce el aire á la galería y de esta pasa á la chimenea; así se evita el mal olor al mismo tiempo que se ventila; el aire que se saca de cada celda por hora es lo menos 10 metros cúbicos, pudiendo llegar hasta 30 empleando la cantidad de combustible que hemos indicado.

677. Edificios particulares: cuarteles y otros semejantes. Los cuarteles, cárceles y otros sitios donde se reunen muchas personas continuamente, pueden ventilarse poniendo entradas de aire, caliente ó frio segun la estacion, y haciendo salidas desde las salas ó habitaciones, por un conducto que vaya á parar á una chimenea de ventilacion: calculado el aire que haya de sacarse, tendremos el combustible que es preciso quemar.

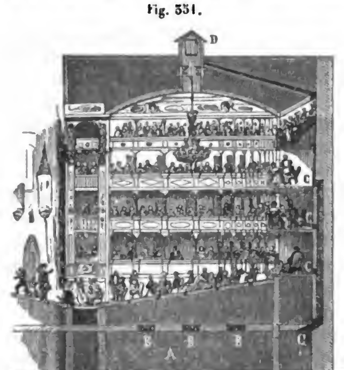
678. Hospitales. Los hospitales necesitan, como hemos dicho, mucha ventilacion, que puede hacerse por los medios que hemos esplicado; sin embargo, en estos sitios será muy conveniente hacer mesas de noche (*fig.* 350), con un orificio *A* en su parte alta y un canal *B* en la parte inferior, comunicando con otro general *C* que vaya á terminar en una chimenea de ventilacion; el aire llamado por ella saldrá de la sala por *A* y *B*, pasando por las mesas, donde estarán colocados los vasos y ropas sucias, de modo que al hacer la ventilacion se evitarán los malos olores y emanaciones insalubres. No adoptando el medio que indicamos, se podria hacer el canal *C* con aberturas en él, para tomar el aire que ha de salir; la chimenea puede producir el tiro con el calor perdido de las estufas ó aparatos de caldear, y en verano quemando el combustible necesario para sacar todo el aire calculado.

Fig. 350.

679. Iglesias. Las iglesias se ventilan facilmente sin mas que dar entrada al aire, ya caliente ó ya frio segun la estacion, y haciendo en la parte superior, en la media-naranja, aberturas que den salida al aire, pero no tan grandes que hagan perder demasiado calor: estas aberturas deben estar dispuestas para poderse abrir y cerrar facilmente, pues en el caso de no haber concurrencia, se cierran y no se pierde el calor de los aparatos de caldear; por esta razon tambien es necesario que las vidrieras esten muy bien acondicionadas, pues de lo contrario, por sus uniones mal hechas estará saliendo continuamente el aire calentado y se perderá el calor; las capillas y demás sitios deben estar en comunicacion por su parte superior con la media-naranja para que se ventilen tambien. Los salones que tienen tragaluces, se pueden ventilar de igual manera, pues al aire caliente siempre va á la parte superior.

680. Teatros. Los teatros tienen un medio de ventilacion muy eficaz: la araña, colocada en la parte alta y bajo un orificio en general de gran dimension, produce con el calor de las luces una fuerte ventilacion, sin mas que hacer una chimenea de mucho diámetro sobre este orificio, y dar entrada al aire por donde no incomode á los espectadores. La *figura* 351 representa la sala de un teatro; el aire de la cueva *A* calentado con caloríferos, ó fresco en el verano, sale por las aberturas *B*, pasando despues al teatro por pequeños orificios, que en gran número se ponen debajo de las butacas para que no incomode á los espectadores al salir; otra parte de este aire pasa por los conductos *C* á los diferentes palcos: la araña produce tiro en la chimenea *D*, que puede abrirse mas ó menos por medio de unas pequeñas compuertas, y arreglar la ventilacion segun las personas en cada dia: estas compuertas pueden tener unos contrapesos para que se queden en todas posiciones; á la chimenea va á parar tambien un conducto que lleva el aire de la galería alta, y produce en esta parte la ventilacion suficiente: debe ponerse tambien sobre el foro otra chimenea para ventilar en caso necesario. Hemos presentado solo un ejemplo para dar idea de la ventilacion en este caso, pero es evidente que habrá de variarse en cada caso particular segun las circunstancias.

Fig. 351.



681. Comunes. Estos sitios, que por su mal olor producen molestias y otros inconvenientes, deberian establecerse de la manera mas á propósito para evitar sus perjuicios, y sin embargo no suele hacerse asi generalmente en España, donde hay la costumbre de colocarlos muy próximos á las cocinas, ó en ellas mismas; los gases desprendidos en los pozos y alcantarillas suben por los comunes, ya por ser mas ligeros que el aire, como el amoniaco (255), ya por la presion que su desprendimiento produce en los pozos, y resulta que el lugar donde mas

limpieza debe procurarse, está junto con el mas inmundo; y aun puede suceder en algunos casos que el aire que hace salir el hogar ó el fogon por la chimenea, sea reemplazado por el mismo comun, pues si no tiene entrada en la cocina subirá por el conducto que está en comunicacion con la alcantarilla; de esto se deduce lo conveniente que sería el colocar los comunes en otros puntos de las casas; pero donde quiera que se encuentren, producirán mal olor y serán muy poco sanas sus emanaciones, pues ya hemos dicho lo perjudiciales que son ciertos gases en el aire que se ha de respirar, y entre ellos el hidrógeno sulfurado y el amoniaco, que se desprenden en estos sitios (673); por estas razones deberá evitarse, empleando todos los medios posibles, que los gases salgan á donde puedan producir mal efecto. Supongamos (*fig*. 352) un comun *A* unido á la alcantarilla *B* ó á un pozo: hagamos una chimenea *C* que esté en comunicacion con el tubo del comun por medio de otro *D*, y supongamos un tiro en la chimenea; los gases que elevándose por *B* saldrían por *A* lo harán por *D* á la chimenea, y hasta por *A* entrará tambien aire que saldrá por *C* si el tiro es enérgico; falta ver el medio de producir este tiro; si hacemos que las chimeneas de las cocinas tengan comunicacion con el tubo *E*, producirán un calor suficiente para el tiro; si esto no es posible, un pequeño hogar, ó mejor que todo una lámpara que al mismo tiempo pueda alumbrar entre cristales, colocada en la chimenea *C*, hará el mismo efecto: en los hospitales, cuarteles y otros establecimientos semejantes hay una cocina con fuego casi todo el dia; su chimenea puede servir para ventilar el edificio y los comunes al mismo tiempo. En donde hay establecido un sistema de caldeo y ventilacion, será sumamente fácil colocar los comunes de la manera que acabamos de indicar, teniendo presente que la chimenea ó conducto de ventilacion *C* puede colocarse muy distante de los comunes, sin que por eso deje de producirse el mismo buen efecto: añádase á esto que los comunes pueden estar cerrados perfectamente, no solo con sus tapas, sino de otras maneras: por ejemplo (*fig*. 353), supongamos una varilla de hierro *A* con una manija y que gira sobre su estremo *B*, al que va unida otra varilla terminada en el disco *C*, tambien de hierro; dando vuelta á la varilla *A* se mueve el disco y abre ó cierra el conducto segun sea necesario: esto mismo puede disponerse de otros varios modos: si se añade un depósito de agua *H* oculto en el muro, que puede llenarse con la llovida, y que un conducto con llave hace llegar hasta el recipiente para limpiarle con solo la fuerza de su caida, tendremos un comun limpio y no perjudicial por ningun concepto. Cuando deben ser solo líquidos los que pasan á una alcantarilla, como por ejemplo en una casa de baños, para evitar que los gases dañosos se introduzcan en los conductos de comunicacion, se pueden disponer de la manera que indica la *figura* 354; al tubo de desagüe se le hace un recodo, y en él que-

Fig. 352.

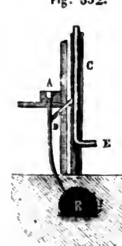


Fig. 353.

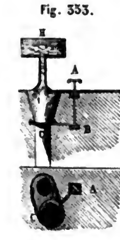
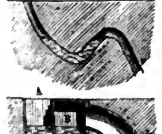


Fig. 354.



dará siempre una porcion de líquido que impedirá á los gases pasar por el conducto: tambien puede disponerse este aparato de otro modo; una caja rectangular, abierta solo por *A* para la entrada del líquido, tiene un disco *B* que baja mas que la salida *H*, y de este modo el líquido entra por *A*, sale por *H* y queda una porcion en el fondo de la caja, que impide con el disco *B*, el paso de los gases por el tubo *H*.

682. Ventilacion por máquinas. La ventilacion se efectua tambien por medio de máquinas mas ó menos complicadas, entre ellas ventiladores (262), que pueden ser movidos por una máquina de vapor ó por otra fuerza cualquiera, por ejemplo hombres, que es el sistema ya adoptado en una carcel: este método es aplicable en grande escala, como en ventilaciones de minas, colocando los ventiladores en un pozo por donde sale el aire viciado; este pozo está en comunicacion con otro que da entrada al aire puro, formando entre los dos una corriente que ha de pasar por todos los puntos en que se necesita ventilacion.

683. Consideraciones sobre la ventilacion. Al terminar este capítulo hariamos con gusto muchas reflexiones sobre la ventilacion, pero algunas hemos hecho ya en el caldeo, y solo añadiremos aquí que quisiéramos se reflexionase cuánto ganaria el bien estar y la salud pública si se generalizasen los medios de caldeo y ventilacion, ya en nuestras habitaciones, ya en los grandes puntos de reunion, como lo reclaman imperiosamente los adelantos de las ciencias aplicadas.

CAPITULO XIV.

APARATOS PARA PREPARACION DE ALIMENTOS.

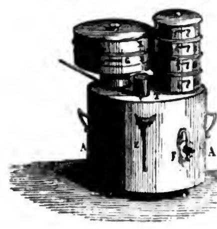
684. Preparacion de alimentos. Desde tiempo inmemorial y en todos los paises, la mayor parte de los alimentos que sirven al hombre son antes condimentados al fuego, y lo mas natural para esto, es quemar un combustible en un hogar y colocar las sustancias en vasijas de diferentes formas y materias á la accion directa del combustible; pero se concibe sin dificultad que este método, por muy generalizado que se encuentre, no aprovecha bien el combustible ni cumple con otras condiciones necesarias; por esta razon se ha tratado de introducir tambien en este punto las mejoras que los adelantos de la ciencia y el genio del hombre han dado á conocer.

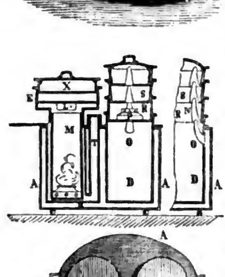
685. Cocinas. Una cocina con un fogon y chimenea, tal como la encontramos en nuestras casas, es susceptible de algunas mejoras, que ocurren naturalmente despues de lo que dejamos dicho sobre los varios puntos de que nos hemos ocupado tratando del calor: desde luego, para que los gases de la combustion, tan nocivos como sabemos (635), salgan al esterior por la chimenea, es necesario que el aire tenga facil entrada en la cocina para reemplazar al que sale, pues de lo contrario es reemplazado por la misma chimenea con una corriente que desciende, la que vuelve parte de los gases y el humo cuando le hay, para esparcirle á veces en las habitaciones que están inmediatas: otro defecto de las chimeneas es general-

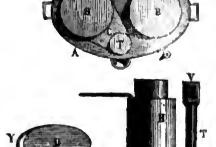
mente su mucha seccion, y tambien su poca altura, lo que es causa de que se produzca un tiro debil y se introduzca el aire esterior. Todo lo que hemos dicho de chimeneas (552) será aplicable á las de cocina, aumentando algo su seccion por la pequeña temperatura del aire, pero aproximándose á aquella en lo posible. Como las cocinas necesitan una vigilancia contínua mientras se condimentan los alimentos, y además gastan mucho combustible, se han ideado aparatos, ya para evitar esta vigilancia, ya para aprovechar el combustible, ya en fin para condimentar grandes cantidades de alimento de la manera mas económica posible.

686. Aparato de Sorel. Empezando por los aparatos aplicables á condimentar pequeñas cantidades, y de una inmediata utilidad para las familias; vamos á describir el aparato inventado por Sorel, que á la grande economía en el combustible reune la ventaja de evitar completamente la vigilancia, pues funciona solo. Este aparato (*fig.* 355) se compone de un recipiente *A* de hoja de lata ó laton, que tiene en su parte superior dos aberturas *B* y *C;* en la *B* se coloca una marmita *D* que tiene dos tubos como el *O* por los que se comunica el recipiente *A* con la cacerola *R* que está encima de la marmita *D;* la cacerola *R*, que cubre exactamente á *D*, tiene en su centro una pieza interior *P* con agujeros laterales y además un tubo *N* en el que entra el *O;* esta cacerola se cubre con otra *S* y tiene tambien un tubo donde entra el *N;* y finalmente, la *S* está cubierta con otra lo mismo que la anterior, y cerrada con una tapadera: en la abertura *C* se coloca un cilindro *H*, que comunica por su parte inferior con otro de menor diámetro *T* cerrado por arriba, y con una abertura lateral *V;* dentro del cilindro *H*, se coloca otro de hierro *M* que tiene agujeros en la parte inferior, y una rejilla un poco mas arriba; este cilindro se tapa con una cacerola *E* que tiene doble fondo, y esta se tapa con un recipiente *X* que tambien está cubierto con una tapadera; un tubo esterior *Z* terminado por un embudo en la parte superior, que comunica con *A* por la inferior, y una llave *F*, completan el aparato: veamos cómo funciona. Colocadas las dos piezas *D* y *H*, se llena de agua el recipiente *A* por el tubo *Z;* entonces en la pieza *D* se coloca una de las sustancias que se desean condimentar, por ejemplo, todo lo que forma el cocido español: se pone carbon en el cilindro *M* hasta llenarle, y encima algunas brasas, y colocado en *H*, el aire es llamado por el tubo *T* y la entrada *V*, y pronto el carbon empieza á encenderse calentando el agua *A*, que calienta á su vez la que se haya colocada en *D:* si es en efecto cocido, se espuma y condimenta y se pone la cacerola *R*, que por *P* recibe el vapor de la *D* y por *O* el de *A;* pero el agua de condensacion, que es bastante en esta cacerola,

Fig. 355.







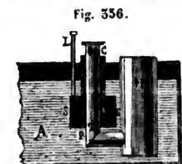
no cae á *D* porque lo impide la pieza *P:* este recipiente *R* es á propósito para preparar cualquiera cosa que se quiere cocer al vapor; encima se colocan las otras dos cacerolas, en las que se ponen tambien dos de las sustancias que se hayan de condimentar, las cuales se calientan con el vapor que pasa desde *A* por los diferentes tubos *O* y *N* de comunicacion: sobre el cilindro *M* está la cacerola *E* de hierro, la cual recibe los gases de la combustion en su doble fondo por *L*, y luego pasan á ella por *Y*, que se ve en *Q*, donde se representa su fondo, y de aquí salen al esterior por una abertura *G*, despues de haber pasado por todo su interior; en *X* puede ponerse cualquier otra cosa, pues se calienta con el vapor de *E* por su parte inferior, y tambien puede servir para colocar lumbre encima y hacer de *E* un horno, si es necesario. Una vez espumado y condimentadas todas las diferentes sustancias no hay mas que abandonar el aparato, cerrando algo mas la entrada *V* por medio de otro pequeño cilindro ó anillo que da vuelta para disminuir esta entrada: si no hacen falta todas las cacerolas se suprime la que se quiera, y si es necesario agua caliente, se abre la llave *F* y sale por ella de *A*. Sorel en Paris construye estos aparatos de diferentes capacidades, desde 4 á 16 personas, marcándolos con los números 1 á 4: los del número 1, para cuatro personas, cuestan completos en su fábrica 38$^1/_2$ francos, y son sus dimensiones las siguientes:

Recipiente *A*	Altura	10 pulg. españolas.
	Largo	14 $^1/_2$
	Ancho	8 $^1/_2$
Marmita *D*	Altura	10
	Diámetro	6 $^1/_2$
Altura de las cacerolas	De la *R*	5
	De las demás	3
Recipiente *H*	Altura	9 $^1/_2$
	Diámetro	5
Diámetro del tubo *T*		1 $^1/_2$
Entrada *V* del aire	Altura	1 $^1/_2$
	Ancho 1$^1/_2$ que se reduce á	$^1/_2$
Cacerola *E*, elíptica	Altura total	5
	Id. sin el doble fondo	4
	Largo	12
	Ancho	6
Altura de la cubierta *X*		1 $^1/_2$

Para que se acabe de comprender este aparato y se reconozca su utilidad, vamos á presentar los resultados obtenidos en el que nos ha servido para tomar las dimensiones dadas; en el recipiente *A* se pusieron 11 cuartillos de agua y 4 en *D* con una libra de vaca; en la cacerola *R*, una libra de patatas enteras; en la *S*, una libra de berza con tocino y chorizo, sin agua, y en la de encima, pedazos de manzana con azucar, tambien sin agua; en la cacerola *F* se colocó

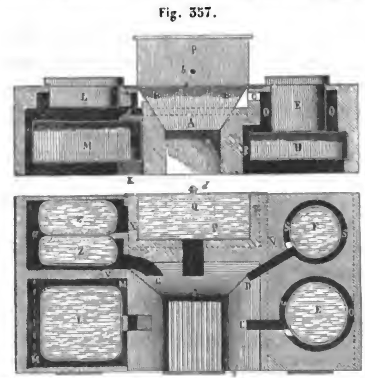
una ave con manteca; finalmente, en el cilindro *M* una libra y tres onzas de carbon, que es lo que cabe, y algunas ascuas encima: colocado todo en su sitio, se dejó siete cuartos de hora, en cuyo tiempo empezó á cocer la marmita de la carne, se quitó bien la espuma y se añadió despues media libra de garbanzos, tocino y jamon; al asado se le dió vuelta y se le añadió un poco de agua; se cerró algo la entrada del aire, y se dejó el aparato sin volverle á ver durante cinco horas, al cabo de las cuales la lumbre no se habia gastado completamente, el cocido estaba escelente, las patatas se habian cocido al vapor muy bien, y la verdura y compota estaban tambien perfectamente cocidas y con el agua necesaria, que habia provenido del vapor que se habia condensado; y añadiremos que el agua del recipiente estaba todavía á 76° y el esperimento se habia efectuado encima de una mesa de despacho: solo resultó un defecto, y fué que como en la cacerola del asado pasan los gases de la combustion en contacto con el cuerpo que se condimenta, este tomó un gusto poco agradable; pero repetido varias veces el esperimento con el mismo feliz éxito en todo lo demás, se quitó la parte *X* y se puso la tapa de modo que los gases salieran directamente sin pasar por encima del asado, con lo que se evitó completamente el mal gusto y resultó escelente: será por tanto conveniente hacer en el aparato descrito una pequeña modificacion, para que los gases salgan sin tocar al asado. La esplicacion que acabamos de hacer nos dispensa de encarecer un aparato que tan útil puede ser á las familias, sobre todo á aquellas á quien sus ocupaciones no les permite entregarse al cuidado de condimentar su alimento, pues hemos visto que una vez arreglado, marcha enteramente solo y con la pequeña cantidad de combustible indicada, que suponiendo el carbon á 6 reales arroba cuesta $2^1/_2$ cuartos. Sorel ha añadido tambien á estos aparatos un regulador para la entrada del aire, que vamos á describir, porque si bien no lo necesita para funcionar perfectamente, puede este regulador servir en otros casos: supongamos (*fig.* 356) el tubo *T*, que es el mismo de la figura anterior; este tubo está rodeado de otro *P* que tiene unida una campana *S* abierta por su parte inferior y cerrada por arriba; cuando la temperatura del agua de *A* se eleva, una porcion de vapor se reune dentro de la campana *S*, que subirá mas, cuanto mayor sea la fuerza elástica de este vapor con la temperatura, y entonces el tubo *P* cierra los agujeros que el *T* lleva en *C*, por los que entra el aire en el hogar; la combustion en este caso disminuye y el agua de *A* pierde calor, de modo que el vapor reunido en *S*, disminuirá de tension y cantidad; bajando el tubo *P* se abren los agujeros, y la combustion se aviva de nuevo; el tubo *L* se abre al introducir el aparato en agua para que salga el aire, y luego se tapa con un corcho. Si al tubo *P* se sujeta una cadena que pasando por una polea haga subir ó bajar la puertecilla que da entrada al aire en un hogar, tendremos el mismo efecto de distinta manera. Se han hecho otros aparatos de diferentes formas para preparar los alimentos; Harel, Lemare y otros se han ocupado de este ramo de industria; pero hemos tenido ocasion de ensayar algunos de estos aparatos, y estan muy lejos de producir los buenos resultados que el aparato de Sorel que dejamos descrito.

Fig. 356.



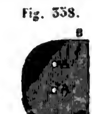
687. Aparatos fijos de cocina. Tratando de aparatos en mayor escala, como son los que pueden disponerse en una casa de mucha familia y de mesa mas ó menos esmerada, vamos á examinar en general las partes de que debe componerse, las cuales podrán distribuirse de muchas maneras diferentes. En un fogon de fábrica ó hierro estan formadas las diferentes partes del aparato: la primera es un hogar con su rejilla, de la estension correspondiente á la cantidad de combustible que se ha de quemar; encima de este, y á la distancia de 15 á 20 pulgadas segun el combustible, se coloca una plancha de hierro forjado que recibe directamente el calor del hogar, para poder colocar sobre ella cacerolas ú otros aparatos cualesquiera, los cuales se calentarán del mismo modo que en nuestras cocinas sobre las brasas, pues la plancha estará á la temperatura del rojo, ó como vulgarmente se dice, hecha ascua; así se logran varias ventajas; el tufo del carbon ó el humo, no perjudican á las personas ni á los comestibles; la plancha no tiene una temperatura igual, y se puede escojer la parte de ella mas ó menos caliente que sea necesario; no hay que arreglar á cada momento el fuego; la temperatura es mas regular que directamente al fuego; se aprovecha mejor el espacio, y no hay cenizas que incomoden: todas estas ventajas han hecho adoptar las planchas de hierro en las cocinas de grandes fondas y casas particulares de otros paises: al rededor del hogar se colocan marmitas que se calientan por el humo de este, y que deben hacerlo por medio de conductos independientes unos de otros: además se coloca siempre una caldera ó recipiente mas elevado que estas marmitas, y que sirve para calentar agua con los resíduos de la combustion, pudiendo hacer pasar esta agua caliente, por medio de llaves, á las diferentes marmitas: deben tambien colocarse una ó mas cajas de hierro que reciban el suficiente calor para servir de hornos; ha de haber tambien otras cajas á menor temperatura con el objeto de mantener calientes los platos mientras se llevan á la mesa; y finalmente, puede haber tambien, si se quiere, un espacio dispuesto para asar á la radiacion directa del combustible: el aparato puede estar colocado en el centro de la cocina, si se saca el humo por la parte inferior, como generalmente se hace, y asi es mas cómodo su uso y no estorba el cañon de la chimenea. La *figura* 357 representa un aparato compuesto de todas las diferentes partes que hemos indicado: el hogar *A* está cubierto con una plancha de hierro *B;* el aire caliente, sale por *C* y *D* á las marmitas *E* y *F*, que apoyan en una caja de hierro *H* y tienen sus conductos de humo *O* y *S;* el aire de *O* pasa por *R* debajo de la caja *H*, que ocupa todo el ancho del fogon y sale despues por *T* debajo de la caldera *P*, destinada á calentar el agua, marchando luego por la chimenea *Q* situada debajo de *P* y en comunicacion con un canal practicado

Fig. 357.



bajo el pavimento; la caja *H* está á la suficiente temperatura para mantener calientes los platos; el humo que circula por *S* pasa debajo de *P* por *N*; á la parte opuesta se encuentra el horno *M*, que recibe aire caliente en tres de sus lados y toma bastante temperatura, marchando el aire que le ha calentado por un conducto *K* hasta pasar debajo de *P*; encima de este horno hay una marmita *L* de poca profundidad, bañada por el aire que calienta el dicho horno: cerrando *K* con un registro se calentará menos, y podrá servir para mantener los platos calientes, y entonces el aire, despues de rodear la marmita *L*, pasará por *V* debajo de las marmitas inmediatas y por *X* debajo de *P* á la chimenea; el paso *V* tiene un registro que se cierra cuando *K* está abierto: en *Z* y *Z* hay dos marmitas unidas que se calientan con el aire del hogar que sale por *G*, y despues de pasar debajo de la marmita *Z* llega debajo de la *Z'* por el espacio *a*, que forma un apoyo que corre entre las dos; este aire sale despues por debajo de *P* á la chimenea: la caldera *P* puede dar parte de su agua á las marmitas poniendo un tubo que salga desde *b* y tenga dos brazos, uno para cada lado, con grifos que viertan sobre las dichas marmitas, sirviendo el agua de la parte inferior, sacada por una llave *d*, para otros usos. Un aparato como el descrito reune todo lo que hemos dicho debe tener el que sea completo, y aprovecha el calor, haciendo independientes sus diferentes partes, viniendo á servir el calor perdido de todas para calentar el agua de la caldera *P*; y es facil notar que por medio de registros podrá hacerse ó no uso de cada uno de los distintos vasos. Hemos sacrificado algo la exactitud del dibujo en obsequio de la mejor inteligencia con las menos figuras posibles, y tambien por esto hemos marcado de puntos varias de sus partes. En algunos aparatos que no tienen horno, ó que aun teniéndole se quiere que haya medio de asar con la radiacion directa del fuego, se coloca delante del hogar, abriendo la puertecilla *U*, un semicilindro de hierro (*fig*. 358) cerrado lateralmente; los asadores pasan por *A* sostenidos en estas partes laterales; el asado se cuida por *B* y la grasa caida puede sacarse por *C*: si el hogar está profundo puede introducirse dentro de la puerta este asador, pero entonces no será fácil hacer que den vueltas las varillas por medio de una máquina: tambien hemos visto colocar en la chimenea un pequeño molinete de planos inclinados, que se pone en movimiento con el humo al salir, y este movimiento se trasmite á los asadores y los hace girar como la máquina.

Fig. 358.

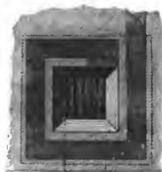


688. Cálculo de una cocina. El cálculo para plantear uno de estos aparatos tendrá dos partes: primera, la capacidad de los vasos; y segunda, la cantidad de combustible necesario: la primera parte depende naturalmente de la cantidad de alimento que haya de condimentarse; pero téngase presente para los grandes establecimientos, que las marmitas de mucha capacidad no producen tan buen efecto como las pequeñas: es un hecho observado en establecimientos importantes, que para producir un caldo de la mejor calidad, la marmita no debe esceder de 25 á 28 azumbres. La segunda parte, ó sea la cantidad de combustible, no se puede calcular con exactitud, pues hay mucho calor perdido; pero se hará un cálculo aproximado para la dimension de la rejilla y demás partes, contando el calor necesario para hacer hervir todo el líquido que haya de emplearse, y luego se tomará para el combustible la mitad de su potencia calo-

rifica cuando no tienen la plancha de hierro sobre el hogar; si son los aparatos con la plancha de hierro, puede esta plancha darnos la base para el cálculo por el calor que pierde: hemos visto que 1 metro de superficie de hierro (587) condensa 1k,80 de vapor de agua por hora, y en este vapor la temperatura es de 100°: sobre un hogar tendrá la plancha poco mas ó menos 600°, y suponiendo el enfriamiento proporcional á la diferencia de temperatura, aunque esto no sea enteramente exacto (378), tendremos que si con una diferencia hasta 100° del aire esterior se pierde por la plancha el calor de 1k,8 de vapor, para la diferencia de 600° se perderán $100:1,8::600:x=10,8$, y como podemos contar que 1 kil. de hulla produce 6 de vapor (569), el calor que deja salir la plancha será el de $10,8:6=$ 1k,8 de hulla; luego para tener á 600° un metro cuadrado de plancha de hierro, deberíamos quemar, segun el cálculo, 1k,8 de hulla por hora, que equivale, segun las potencias caloríficas de los combustibles, á 2 kil. de carbon de madera y á 4 $^1/_2$ kil. de leña (501): pero la plancha recibe solo el calor radiado, que en hulla y carbon es la mitad y en madera el cuarto del total producido (502); luego hay que cuadruplicar la cantidad de madera, que será 18 kil., y duplicar la hulla y carbon, que dará 3k,6 para la primera y 4 para el segundo: ahora tengamos en cuenta, que en las mejores condiciones, la mayor cantidad del calor radiado que recibirá la plancha será la mitad, y por tanto habrá que duplicar todavía los números que hemos encontrado; resultando, en fin, que para tener á 600° un metro cuadrado de plancha, se han de quemar por hora 7k,2 de hulla, 8 kil. de carbon y 36 de madera. Hemos de tener presente, sin embargo, que el aire caliente al elevarse del combustible, ó la llama si la hay, calentarán la plancha tambien, y por tanto se disminuirán bastante las cantidades encontradas; pero sobre ellas se debe calcular, teniendo en cuenta los errores que en sí llevan estos cálculos, por no ser posible apreciar con exactitud las circunstancias en que se encuentran estos aparatos: el resto del calor del combustible bastará con esceso para todos los demás aparatos, puesto que se podrá contar con una cantidad mayor que la aprovechada por la plancha; por esta razon cuando los aparatos no son muy grandes, para economizar algo el combustible y que no sobre tanto calor, puede hacerse menor el hogar y formarse al rededor de él un conducto (*fig.* 359) tal como *A*, por donde circule el humo, y colocada la plancha encima de él, recibe parte del calor que lleva el aire; es facil comprender, que siendo las planchas la parte del aparato que mas calor pierde, no deben dejarse ociosas, una vez calientes.

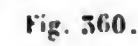
Fig. 359.





689. Aparatos particulares. Hemos presentado un aparato completo para que sirva de ejemplo; pero es evidente que variarán en cada caso particular, puesto que no siempre deben llenar el mismo objeto: si suponemos una cocina de hospital, será diferente en sus detalles á la de una fonda, por la diversidad de alimentos que en esta última se han de condimentar. Una cocina para hospital que produce buen resultado es la que presenta la *figura* 360: del hogar pasa el humo por cuatro conductos á otros tantos espacios *A B*, donde se colocan marmitas; debajo de las *A*, se encuentran dos hornos de hierro *C*, que pueden calentarse por tres lados ó por uno, segun esten los registros *D* cerrados ó abiertos;

en *E* hay otro horno y encima una caldera para agua; todos los canales tienen registros, y se calienta cada parte independientemente de las otras; tambien tiene encima del hogar una plancha *N*, que si no hace falta se puede reemplazar con una marmita. Para cuarteles indicaremos un aparato que está produciendo muy buenos resultados: consiste (*fig.* 361) en un hogar, y encima 4 calderas de forma de cuarto de círculo, que reunidas hacen una figura circular, dejando entre sí una distancia de 2 pulgadas; apoyan en una plancha de hierro que tiene las aberturas *A*, donde se colocan, y alrededor de las 4 queda un conducto de humo que va á parar despues bajo una caldera *C* para agua caliente, y de aquí á la chimenea colocada debajo ó á un lado: segun las observaciones hechas en aparatos de esta especie, resultan de muy buen servicio los de 4 calderas que tienen las dimensiones siguientes; capacidad de cada caldera, 35 á 36 azumbres sin llenarlas, para racion de 65 hombres; altura, 18 á 20 pulgadas; radio de la base, 20 á 22; se utilizan $^{1}/_{3}$ del calor del combustible, y si es madera, por la llama se utilizan hasta las $^{3}/_{4}$ partes. Si son dos calderas semicilíndricas se aprovecha menos el combustible; por lo tanto es conveniente que sean cuatro. Para campaña se han ideado otros hornos muy sencillos y de escelente efecto (*fig.* 362): se componen de una caja de hierro en que se colocan dos marmitas *A*, y tienen un hogar *B* sin cenicero; y cuando se colocan en el suelo se hace un pequeño foso *R* por donde entra el aire; el humo circula por *O* y sale por *S* á envolver una caldera pequeña de agua *C*, y despues marcha por la chimenea *D*. Un horno portatil de que hacen uso los pasteleros en Francia para el campo en las romerías, es el que indica la *figura* 363, que describimos por su sencillez y facil construccion;


Fig. 360.

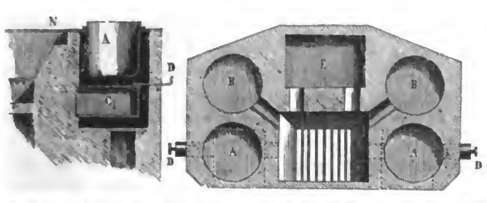


Fig. 361.

Fig. 362.

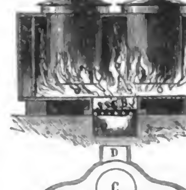
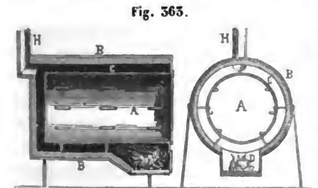


Fig. 363.



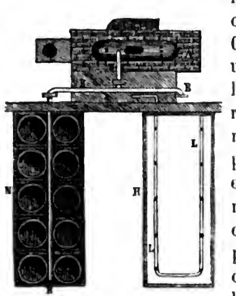
se compone de un cilindro *A* de plancha de hierro, cerrado y con una puerta en uno de sus estremos; este cilindro está en el interior de otro *B*, tambien de plancha de hierro, cubierto en su interior por una capa de arcilla para que no se queme; entre los dos cilindros queda un espacio *C*, que recibe el aire caliente de un hogar *D* sin cenicero y cerrado con una puertecilla; el aparato está sostenido por unos pies de hierro, y tiene una pequeña chimenea *H* en el espacio *C*, por donde sale el humo; encendido el hogar, el aire entra por debajo, la llama y humo se esparcen por *C*, y calientan el horno, que tiene en su interior unos vasares colocados en los soportes *O;* este horno, facil de trasportar, es muy sencillo, y da buenos resultados.

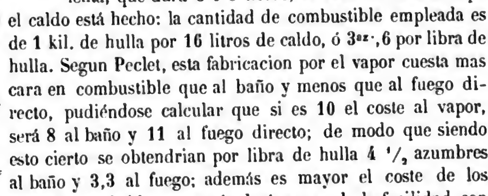
690. Aparatos al baño de María. Se ha ensayado colocar las marmitas donde se preparan alimentos en un gran recipiente ó en varios de dimensiones reducidas, al baño de María; este método aplicado en grande y en pequeño ha dado muy buenos resultados: unas veces se han hecho los baños cerrados para que se produzca presion por el vapor formado, y la temperatura de ellos se eleve algunos grados; otras se ha puesto sal en el agua para elevar de 5 á 6° su temperatura de ebullicion (428), dejando en este caso el baño abierto para evitar los inconvenientes de una presion mayor que la atmosférica: los aparatos en estos casos están dispuestos como es fácil comprender; un baño de dimensiones convenientes contiene otro grande, ó tiene encima agujeros donde entran las marmitas cuando son pequeñas, y debajo está calentado por un hogar con circulacion de humo: cualquiera de los aparatos que hemos descrito de cocina puede servir, sin mas que colocar en donde entran las marmitas, otras mayores con el agua salada para introducir dentro de ellas las que han de calentarse. Este método del baño es escelente para hacer caldos ó sopa en los hospitales ú otros sitios, pues la ebullicion es pausada y contínua, que son las condiciones necesarias para que resulte un buen caldo: ya hemos dicho que son preferibles los vasos pequeños á los grandes (688).

691. Calderas de doble fondo. A todos los métodos que dejamos indicados es preferible, cuando hay que operar en grande escala, el caldeo por el vapor en calderas de doble fondo: citaremos como ejemplo la Compañía llamada Holandesa de París, que fabrica en cantidad considerable caldo para vender á varios establecimientos; esta compañía, fundada hace mas de 25 años, ha modificado sus métodos de fabricacion, ya por resultado de los adelantos de la ciencia en su tiempo, ya por los avisos de la práctica: al principio fabricaba el caldo directamente al fuego, pero esto producia mucho gasto de combustible; se valió despues del baño salado y obtuvo muy buenos resultados, á pesar de que los vasos se alteraban pronto; despues ha establecido las calderas de vapor de doble fondo. Los datos que hemos podido adquirir sobre esta compañía son los siguientes: fabrica 2500 azumbres de caldo diarias, y la *figura* 364 representa la disposicion general de sus aparatos; *A* es una caldera en que se forma vapor, que sale por un tubo *B* á las calderas; estas son en número de 20, colocadas en dos grandes cajas de hierro; son semiesféricas, y con un doble fondo *C* donde entra el vapor conducido por los tubos *B* y *D*, saliendo el agua de condensacion por un tubo general *L;* un pequeño manubrio *S* abre ó cierra la llave de salida desde fuera de la caja; en la parte *N* se suponen las calderas colocadas en

su puesto, y en la *H* se ve el tubo que recoje el agua de condensacion: las calderas son de cobre estañado, tienen de diámetro 0^{m},8 y de altura 0,47, de forma, como hemos dicho, de medias esferas, pero prolongadas algo en cilindro; la mayor distancia entre la caldera y el doble fondo es de 0^{m},06 y empieza á 0^{m},25 del borde de la caldera; la capacidad de cada una es de 130 litros ó 65 azumbres; el vapor pasa á las calderas con una temperatura de 125 á 130°, correspondiente á 2 ½ atmósferas de presion próximamente (421): llenos los espacios del doble fondo al principio, elevan á la temperatura de ebullicion todo el líquido de la caldera en muy poco tiempo, la espuma sube, se quita en 15 ó 20 minutos y luego se cierran las llaves de entrada, de modo que no dejen paso á mayor cantidad de vapor que la necesaria para compensar el calor perdido y sostener una ebullicion lenta, que dura 5 ó 6 horas; al cabo de este tiempo el caldo está hecho: la cantidad de combustible empleada es de 1 kil. de hulla por 16 litros de caldo, ó $3^{az.}$,6 por libra de hulla. Segun Peclet, esta fabricacion por el vapor cuesta mas cara en combustible que al baño y menos que al fuego directo, pudiéndose calcular que si es 10 el coste al vapor, será 8 al baño y 11 al fuego directo; de modo que siendo esto cierto se obtendrian por libra de hulla 4 ½ azumbres al baño y 3,3 al fuego; además es mayor el coste de los aparatos al vapor, pero se ha preferido este método á causa de la facilidad con que se hace la operacion, la regularidad que puede dársela, y la duracion de las calderas. Para fabricacion de caldo se ha visto que la hoja de lata es mas cara por destruirse pronto; el cobre es muy bueno, pero necesita estañarse á menudo y tener mucha vigilancia para evitar un envenenamiento; por estas razones se prefiere en el dia el hierro fundido estañado, que no tiene estos inconvenientes.

Fig. 364.





692. Hornos de pan. Por conclusion de este punto diremos solo pocas palabras sobre los hornos de pan. Los que se emplean generalmente, sin mas abertura que la boca por donde entra el aire y sale el humo, pierden mucho combustible; sin embargo, contado el cisco formado, que en España tiene bastante precio generalmente por usarse en los braseros, disminuye el gasto, y seria difícil que nuestros tahoneros quisieran sustituir estos hornos con otros que no les dieran este cisco, mucho mas cuando no se les puede presentar uno que tenga grandes ventajas. Se ha ensayado hacer salidas al aire por medio de canales en la parte superior de la bóveda, que terminasen en una chimenea, y han producido bastante buen efecto por quemarse bien el combustible, pero la diferencia no es tanta para que se aconseje su adopcion. Lemarc y Jametet han construido un horno de pan que han llamado *aerotermo*, y que da buen resultado, pero su complicacion y coste son la causa de que le indiquemos solamente; pudiendo encontrarse su descripcion en obras mas estensas y especiales que la presente. Se han hecho tambien giratorios; pero demasiado nuevos todavía, no es fácil ca-

lificarlos: se ha tratado de sustituir á la madera otros combustibles, pero esto no se ha logrado; en una palabra, si bien es cierto que se han hecho algunos adelantos, no se ha encontrado todavía un horno que, reuniendo la sencillez y economía en la construccion, de los usados generalmente, tenga al mismo tiempo sobre ellos ventajas notables.

CAPITULO XV.

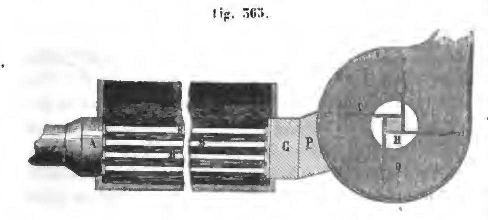
CALDEO DE LÍQUIDOS.

693. Casos particulares. Despues de lo que dejamos dicho en la vaporizacion y en la preparacion de alimentos, lo mismo que en algunas otras partes, fácil será escojer la disposicion mas favorable para calentar los líquidos segun el uso á que se destinen, sin embargo, vamos á añadir algunos medios que se emplean para calentarlos en los casos particulares de baños y lavados de ropas, medios que se añadirán á los ya esplicados, para escojer entre todos el mas á propósito en otros casos distintos que puedan ocurrir.

694. Baños. Los baños necesitan agua caliente, y si los medios de calentarla no están bien escojidos, producirán notables perjuicios, por la mucha cantidad de agua que suele ser necesaria, y porque es industria generalmente establecida en grandes poblaciones donde el combustible es mas caro. Una caldera de cualquier forma, y con el hogar, chimenea y demás partes del modo que dejamos dicho en la vaporizacion, produciría buenos resultados; vamos sin embargo á hacer algunas observaciones. En los baños es muy comun necesitar una fuerza, ya de hombres ó ya de caballerías, y aun de máquinas para elevar el agua á la altura de los depósitos que la han de distribuir para la caldera y para las pilas; por tanto será fácil en muchos casos poder disponer de una pequeña parte de esta fuerza para mover un ventilador y producir el tiro del aire que ha de salir por la chimenea, no por su diferencia de temperatura con el aire esterior sino mecánicamente despues de haberle enfriado y aprovechado su calor: en este caso es necesario calcular si el calor que el aire se lleva nos cuesta mas ó menos que la fuerza necesaria para sacarle mecánicamente: este cálculo se hace con facilidad: sabemos que si el aire sale á 300°, temperatura del mejor tiro, perdemos la cuarta parte del combustible para producirle, ó si es leña mas de la quinta (549); supongamos el cálculo para 100 baños, que á 120 azumbres por baño ó 250 kil., dan 25000 kil. de agua á calentar; fijemos al agua fria á la temperatura de 15° centígrados ó 12 Reaumur, y calculemos que ha de subir á 30 centígrados ó 25 Reaumur; cada kil. de agua tiene que subir 15°, ó lo que es lo mismo, tomar 15 calorías (360), y todos tomarán $25000 \times 15 = 375000$ calorías, que necesitarán de leña, á 2100 calorías por kil., contando $^3/_4$ del calor total como cantidad aprovechada, $375000 : 2100 = 179$ kil. ó 15@,5 para las 12000 azumbres, que si es solo la cuarta parte de esta agua la que se calienta, deberá ponerse á $15 \times 4 = 60°$ sobre los 15 que la suponemos, ó sea á 75°: con estos datos veamos la leña que podemos ahorrar por el tiro mecánico. Podemos contar que la cuarta

parte del calor se marcha con el aire, contando el empleado en vaporizar el agua de la madera; luego se pierde 15,5:4=3@,87, que dejaremos solo en 3 para mas ventaja del cálculo, y contando á 3 rs. arroba de leña, será una economía de 9 rs. para los 100 baños: si el tiro mecánico nos cuesta menos, tendremos ventaja en él; ó si, como en algunos casos sucederá, no aumenta el gasto general, por haber criados ó animales que se puedan destinar á este trabajo cuando no tienen otra ocupacion, la economía será de los 9 rs. Adoptando el medio mecánico de producir el tiro, es necesario aprovechar completamente el calor del aire, ya sea para calentar el agua ó para producir otro efecto cualquiera; vamos á suponer que se emplea para calentar la misma agua, y citaremos como ejemplo, entre las muchas disposiciones que pueden adoptarse, una establecida hace algunos años en Paris, y que da buen resultado: una caldera cerrada calienta el agua sobre el hogar, saliendo el humo de este á recorrer un grueso tubo sumerjido en el agua de la misma caldera, y dirigiéndose despues al esterior directamente por una chimenea, si se abre un registro establecido para ello; pero cerrado este registro pasa á una caja *A* (*fig.* 365), donde se encuentra con 12 tubos *B* de cobre, por los que pasa á otra caja *C*, y de esta por dos conductos laterales *P* al centro del ventilador *D*, saliendo al esterior por el conducto *E;* los tubos *B* tienen 20 metros de largo y $0^{m},1$ de diámetro, y están colocados en un depósito de agua que recibe el calor del aire, enfriándole completamente, pero el ventilador movido por un hombre saca el aire frio, produciendo un tiro completo: la caldera contiene 7180 kil. de agua, y el depósito en donde se encuentran los tubos *B*, mas de 21000: el diámetro del ventilador es de 1 metro, y su ancho $0^{m},5$; el canal de salida *E* tiene 0,25 de ancho y 0,45 de largo, y el diámetro de las entradas *H* en el centro del ventilador es de $0^{m},35$: en un esperimento hecho para probar este aparato se han quemado en dos horas 200 kilógramos de leña, y se ha calculado el efecto del combustible, comparado con el de otros baños en que no habia ventilador, resultando ventaja de mas de una cuarta parte del combustible. Otra disposicion que ha sido adoptada para evitar el ventilador, es colocar sobre el hogar un tubo vertical de 3 metros de altura, que recibe todo el humo y atraviesa un recipiente de agua; de este tubo pasa el humo á un aparato análogo al de la *figura* 365, donde se enfria, y sale por *C* á una chimenea que le conduce al esterior: con el tubo vertical se hace el tiro por la fuerza ascensional que toma el humo en él, fuerza que obliga al aire frio á salir por la chimenea (556); de modo que se hace el tiro antes de enfriar el aire, pues es muy poco calor el que pierde en el tubo vertical á pesar de estar rodeado de agua. Para un baño solo, el aparato mas cómodo y mas en uso es la estufa que indica la *figura* 366, pues aunque no aprovecha demasiado el

Fig. 365.



combustible y produce tufo en las habitaciones, no hay otro que no tenga estos inconvenientes: en un cilindro *H* de hoja de lata, se pone el combustible; este cilindro tiene dos tubos laterales *B* por donde entra el aire á reemplzar al que sale de *H*: todo el aparato se coloca en el baño dentro del agua, introduciéndole hasta el fondo para que la superficie de caldeo sea la mayor posible: es necesario colocar en la parte inferior una rejilla *A*, para que el aire que entra por los tubos *B*, pase por debajo del combustible; tambien debe cerrarse la salida superior con una tapa que tenga un tubo *C*, y asi el tiro se produce mejor: cuando hay que apagar la estufa por estar caliente el baño, se tapan los tubos *B* y *C*, y como el aire no tiene por donde entrar, se apaga muy pronto: en el fondo necesita un cuerpo pesado *R*, plomo por ejemplo, para que se sumerja en el agua.

Fig. 366.

695. Lavado. Sabido es que la ropa demasiado sucia tiene que pasar por una lejía para limpiarse, que generalmente se forma con la ceniza de nuestros hogares domésticos y agua caliente; esta lejía necesita varias condiciones para producir el mayor efecto posible, siendo una el que su temperatura no baje mucho de 100°: si se ha hecho la lejía en una caldera y se echa sobre la ropa, se enfria muy pronto, y nunca su temperatura puede ser muy elevada, resultando además que pasa solo una vez por la ropa y no se aprovecha todo lo que es posible: para obtener mejor resultado con menos gasto, se han ideado muchos aparatos mas ó menos complicados, de los cuales daremos á conocer los mas importantes, ya por su sencillez ó por sus buenos efectos. El mas sencillo consiste (*fig.* 367) en un recipiente ó cuba *A* de madera, con el fondo de metal y un emparrillado tambien de madera *B*, sobre el que se coloca la ropa; en el fondo se pone agua y se calienta en el hogar *C*, y como la ropa no deja que el vapor se eleve, este hace presion en el agua y la obliga á subir por un tubo central *O*, proyectándose por medio del cono *S* sobre la ceniza que se habrá colocado en la parte superior; esta agua hecha lejia filtra por entre la ropa y llega otra vez al fondo, en donde se calienta de nuevo y vuelve á subir; la cuba se tapa con unas tablas para evitar la evaporacion: aunque este aparato no aprovecha el combustible bastante por salir muy pronto el humo á la chimenea, es recomendable por su sencillez; además, un registro en *H* podrá hacer que se aproveche mas calor, cerrándole cuando el combustible está encendido. Otro aparato representado en la *figura* 368 es de circulacion; el líquido se calienta en la caldera *A*, y por el tubo superior *B* pasa á la cuba *C*, que está cerrada y contiene la ropa, volviendo á la caldera por el tubo *D*; este y el *B* tienen llaves que se cierran cuando el líquido no está bastante caliente,

Fig. 367.

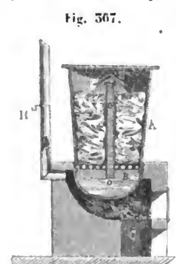
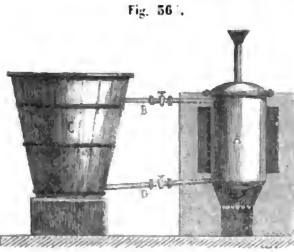
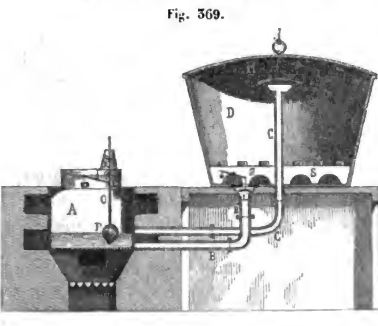


Fig. 368.



estableciendo de nuevo la circulacion cuando se ha calentado; por un tubo de desagüe que tenga tambien llave, se vaciará el aparato cuando sea necesario, y este tubo podrá unirse al *D;* quitando la cubierta de la caldera *A*, que debe estar sujeta con tornillos, se limpiará cuando sea necesario. René Duvoir ha ideado un sistema adoptado en varios establecimientos con muy buen resultado: consiste en una caldera *A* (*fig*. 369), que comunica por los tubos *B* y *C* con la tina *D*, en que está colocada la ropa; esta tina se cubre con la tapa *H*, que puede levantarse fácilmente por medio de una polea y un contrapeso, y lleva en su fondo una rejilla de madera sostenida en piezas *S* tambien de madera: al empezar la operacion se pone el cuerpo que ha de formar la legía en el fondo de la tina, y se echa agua hasta que se llena la caldera *A*, colocando despues la ropa y cubriendo con *H;* en este estado se enciende el hogar, del que sale el humo á dar dos veces vuelta á la caldera; el flotador *P* atravesado por la varilla *O*, está bastante elevado para tropezar con la articulacion *E*, y cerrar la válvula *K*, para lo cual tendrá la caldera el líquido necesario; el agua se calienta y la presion del vapor la obliga á subir por el tubo *C* y esparcirse sobre la ropa, cerrando esta misma presion otra válvula *L* colocada en el tubo *B*, que naturalmente estará lleno de líquido; en este tiempo la válvula *K* está cerrada por un contrapeso opuesto á *E*, pero el agua de la caldera pasa á la tina en su mayor parte y el flotador *P*, que baja, se encuentra con el estremo de la varilla *O*, del que no puede pasar, y venciendo la resistencia del contrapeso, abre la válvula *K* dando entrada al aire, en cuyo caso cesa la presion, se abre la válvula *L* por el peso del agua, y esta pasa á la caldera, que se llena, sube el flotador cerrando como antes la válvula *K*, y empieza la misma operacion, en la que se tarda una hora en los aparatos construidos, pero tardará mas ó menos segun la capacidad de ellos: con este aparato, segun resulta de un examen científico y de la práctica, se hace la colada completa en 6 horas, empleándose una cantidad de leña próximamente igual á la séptima parte del peso de la ropa; y comparando con el método ordinario, hay las ventajas siguientes: se consume la tercera parte del combustible; se hace mas pronto la operacion; se aclara con mucho menos gasto de lavanderas y con una tercera parte menos de jabon, quedando la ropa mas blanca.

Fig. 369.



CAPITULO XVI.

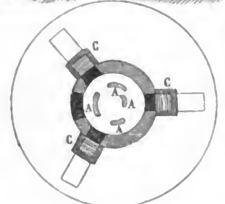
CALDEO DE CUERPOS SÓLIDOS. HOGARES FUMÍVOROS. TEMPERATURAS ELEVADAS.

696. Caldeo de cuerpos sólidos. En esta parte comprendemos la coccion de porcelana, cal, yeso y ladrillo, haciendo algunas indicaciones sobre el aprovechamiento de gases y calor perdido. No entramos en la esplicacion de otras clases de hornos apropiados á otras industrias particulares, porque con lo que dejamos dicho podrán disponerse los mas convenientes; y prescindimos tambien de los hornos empleados en metalurgia, porque no son de esta obra.

697. Hornos de porcelana. Muchos son los sistemas de hornos empleados para la coccion de porcelanas y lozas mas ó menos finas; vamos á describir uno completo y escelente, que podrá simplificarse cuando lo exijan las circunstancias: se compone de tres cuerpos (*fig.* 370), colocados uno sobre otro y en comunicacion por medio de aberturas *A* en las bóvedas de separacion: tres hogares *C* de llama invertida, colocados en la parte esterior de cada cuerpo, producen el calor para la coccion; estos hogares están en parte introducidos en el grueso del muro que forma el horno, y tienen un cenicero cubierto de modo que el aire para la combustion, llamado por la chimenea *H* del horno, solo tiene entrada por la parte superior del hogar, y la llama se introduce toda en el interior: los tres cuerpos del horno se cargan por las puertas *L*, y despues se cierra tapiándolas; en seguida se encienden los hogares del cuerpo inferior, y cuando la coccion se ha hecho en este punto, se enciende el segundo, y terminada en él, se encienden los del superior que se han indicado algo diferentes de los hogares que hay en los otros cuerpos, para dar idea de cómo pueden variarse: en este horno se aprovecha muy bien el calor, porque el perdido de un cuerpo pasa al otro, y es el horno que con ligeras modificaciones se emplea en las fábricas mas importantes, inclusa la francesa de Sevres; le presentamos como tipo que puede variarse, pues si es de grandes dimensiones se ponen mas hogares, si es pequeño se puede hacer de un solo cuerpo ó de dos, colocando hogares en el inferior, y cociendo en el superior, objetos que necesiten menos calor; en una palabra, este podrá dar idea para otros, segun las circunstancias. En las fábricas de porcelana, para esmaltes y piezas delicadas de colores se emplean hornos pequeños que tienen una caja cerrada llamada *mufla*, rodeada


Fig. 370.





de combustible, en la que se pone el objeto que se ha de cocer; son estos hornos iguales á los empleados para ensayos mineralógicos, variando solo el tamaño.

698. Hornos de cal. La cal se fabrica elevando la temperatura del carbonato ó *piedra de cal* hasta el rojo, para que desprenda el ácido carbónico; las

Fig. 371.

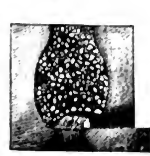
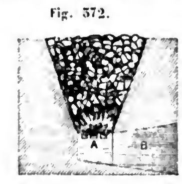


Fig. 372.



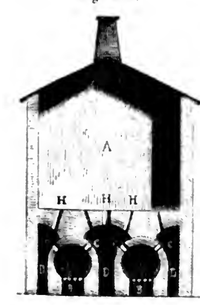
condiciones necesarias en un horno para este objeto son, temperatura constante y uniforme en toda la masa, y economía de combustible: muchos hornos se han construido de diferentes formas, pero todavía no podemos citar uno que reuna todas las condiciones necesarias; sin embargo, citaremos algunos que se emplean en el dia, y dan bastante buen resultado: el mas sencillo (*fig.* 371) es un espacio ovoide mas ó menos grande, que tiene en su parte inferior una rejilla *A* donde se coloca el combustible; encima se hace con los pedazos mas gruesos que se han de cocer una especie de bóveda, y se carga sobre

Fig. 373.



ella; encendido el hogar se hace la coccion, y despues hay que aguardar á que se enfrie; así es que en este horno y en todos los de fabricacion intermitente se pierde mucho tiempo en cargar y descargar, y sale mas caro en jornales; por estas razones son preferibles los hornos de fabricacion continua. De este género es el de la *figura* 372; la piedra se carga alternada con el combustible y llega á la rejilla *A*, y cuando está hecha la coccion se saca alguna de las barras de *A* y cae la cal, estrayéndose por *B* la que está bien cocida, y renovando por la parte superior, piedra y combustible. En estos hornos se une la ceniza á la cal, y además no sale cocida con igualdad; para evitar estos inconvenientes propone

Fig. 374.



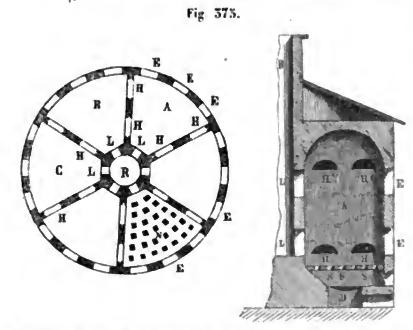
Peclet el horno (*fig.* 373): en *A* hay dos hogares que comunican con el horno por medio de aberturas *B;* este se carga por la parte superior, y cuando está hecha la coccion se saca la cal por *C*, reemplazándola por encima: puede ponerse una tapa en la boca *D* para evitar algo el enfriamiento cuando se descarga.

699. Hornos de yeso. El yeso no necesita para cocerse mas que una temperatura inferior á 200°, pues se altera con mas calor; por esto es necesario hornos que no escedan de la temperatura dicha. Los que dejamos indicados para la cal pueden servir con menos combustible, pero será conveniente un horno en que el aire de la combustion se mezcle con la cantidad suficiente de aire frio para bajar la temperatura de aquel hasta dejarla en la necesaria: teniendo esto presente se ha construido un horno que funciona muy bien, y se compone (*fig.* 374) de un espacio cerrado *A* con una chimenea en la parte superior, y debajo dos hogares *B* que comunican por las aberturas *C*

con los espacios *D*, á los que entra el aire esterior en mas ó menos cantidad por medio de registros; en estos espacios se mezcla el aire frio con el caliente de los hogares, y pasa por las aberturas *H* á cocer el yeso colocado en *A*: fácil seria disponer este horno de modo que se cargara por la parte superior y se descargara por aberturas laterales, y produciria mejor efecto.

700. Hornos de ladrillo. No vamos á ocuparnos de los hornos comunes compuestos de cuatro muros, y en que el ladrillo se mezcla con el combustible; vamos á citar solamente un horno de fabricacion contínua que trabaja hace algun tiempo (*fig.* 375): es circular, dividido en seis partes distintas *ABC*..., y en cada una de ellas tiene un hogar *D*, saliendo el humo por muchos agujeros *S*, como se marca en *N*, al espacio *A*: cada uno de estos espacios tiene seis puertas *E*, por donde se cargan; además cada muro de separacion tiene otras cuatro puertas *HH'* por las que comunica con el espacio inmediato, y dos *LL'* que le ponen en comunicacion con la chimenea central *R*. Supongamos cargada *A*; se enciende su hogar, y cerrando *HH'* por medio de registros, se abre *L'* y se carga *B*: cuando está caliente *A* se cierra *L'* y se abre *H'*, así el aire tiene que pasar al espacio *B*, en el que se abre el registro *L* de la chimenea, de modo que el humo pasa en *A* desde abajo hácia arriba y en *B* desde arriba hácia abajo; cuando este segundo espacio está caliente, se habrá cargado el tercero *C*, se cierra en el segundo la salida *L* de la chimenea, y se abre la *H* de modo que por ella pasa el humo á *C*, en donde se eleva para salir por *L'* y asi se continúa para todos los demás: cuando se ha llenado todo el horno y se han cocido los ladrillos de *A*, se apaga su hogar, se cierran los registros, se cambian los demás y se enciende el hogar de *B*; mientras en este se cuece, se descarga y vuelve á cargar *A* poniéndole en la circulacion, y despues estando cocidos los ladrillos de *B*, se incomunica y se descarga y vuelve á cargar continuando siempre de este modo: pueden ponerse bastante húmedos los ladrillos, pues el poco calor que reciben cuando llega el humo al ultimo espacio, despues de pasar por todos los otros, sirve para secarlos solamente.

Fig. 375.



701. Indicaciones sobre calor perdido. Vamos á presentar algunas indicaciones sobre el inmenso partido que la industria puede sacar del aprovechamiento del calor perdido en tantos casos diferentes, y aun de los mismos gases que resultan de la combustion: una chimenea que hace salir el humo á mayor temperatura que 300°, produce un tiro peor que si saliera á esta solamente, y aun puede bajarse á 200° sin resultar grande alteracion en el tiro (552); por tanto, si se enfria el humo á 200° podremos aprovechar su calor para caldeos, ventilaciones, secadores, tinas calientes y otros tantos usos en que la industria necesita calor: la

fabricacion del cok, los altos hornos de fundicion y otras operaciones, desprenden gases á elevada temperatura, que pueden aprovecharse en hornos de cal, yeso y ladrillo, ó para producir vapor aplicable á las máquinas; en una palabra, para sustituir al combustible. Pero no es solo el calor de los gases lo que puede aprovecharse, sino los gases mismos como combustible en ciertos casos, pues en toda fabricacion donde hay mucha masa de combustible y poco aire, como en los altos hornos y en los de formacion de cok, se desprenden hidrógenos carbonados y óxido de carbono, gases de los que se puede sacar mucho partido por ser muy combustibles, haciendo una mezcla de ellos á la temperatura necesaria con la cantidad que necesitan de aire para arder, en aparatos á propósito para evitar esplosiones; de este modo se tendrán las temperaturas elevadas que exije la industria en muchas de sus operaciones: y no es ya una teoría, sino que la práctica ha dado á conocer estas ventajas; pudiéramos citar aparatos adoptados para este objeto, y resultados enteramente satisfactorios, sobre todo en la afinacion del hierro, pero solo queremos llamar la atencion de nuestros fabricantes sobre este punto, pues no es de un tratado como el presente entrar en detalles.

702. Combustibles gaseosos. Si los gases que resultan de la combustion pueden aprovecharse para obtener calor (701), es evidente que cuando tengamos preparado un gas enteramente combustible, podremos hacerle arder y aplicar el calor que produce á todos los usos en que sea necesario: esto se hace en efecto con el gas del alumbrado, empleándole hasta para preparar los alimentos en los paisés donde está á bajo precio: en tal caso el gas se toma por los mismos conductos que le introducen en las habitaciones para alumbrar, y se hace llegar hasta las cocinas, donde hay salidas dispuestas para colocar encima las vasijas en que se preparan los alimentos: tambien se disponen tubos horizontales con muchas salidas pequeñas en su longitud, colocados dentro de cajas; si estas se cierran convenientemente, el aire que contienen se calienta y sirven de hornos, ó si se ponen los cuerpos delante de ellas para que reciban el calor radiado, se conviertan en asadores. En España el gas es demasiado caro hoy dia para poderse emplear con ventaja en esta aplicacion.

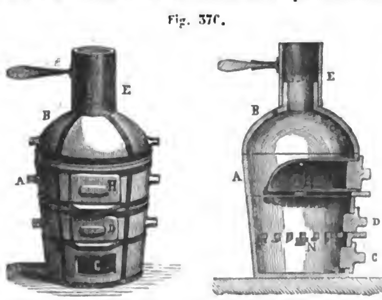
703. Hogares fumívoros. Uno de los problemas que ha ocupado á los físicos, y que todavía no está resuelto de una manera completamente satisfactoria, es el de quemar el humo que resulta de un hogar. Ya hemos visto (504) que el humo no está solo compuesto de ácido carbónico y agua, como debería resultar de una combustion completa, sino que además tiene óxido de carbono, breas y sus resíduos, hidrógenos carbonados y carbono dividido, que es el que principalmente da al humo su color negro: estos cuerpos, que no han ardido en el hogar, podrian aprovecharse para combustibles (701); pero como en general no se hace así, hay que sacarlos al esterior por medio de altas chimeneas para que no causen incomodidad; y á pesar de ellas, no se pueden establecer algunas industrias en el interior de las poblaciones, ó hay que emplear combustibles que no formen humo, como el carbon de madera ó el cok, produciendo á veces notable perjuicio el empleo de estos combustibles; el quemar completamente el humo de modo que no resulte mas que agua y ácido carbónico, para evitar los inconvenientes que en otro caso se presentan, es el problema que hemos enunciado. No podemos indicar un horno fumívoro que llene su objeto completamente,

segun queda dicho, á pesar de los muchos que se han inventado; sobre todo en los paises en que se ha mandado por leyes especiales que el humo se queme y no salga al esterior; pero diremos que generalmente se ha tratado de resolver el problema, haciendo que el humo se mezcle con aire para acabar de quemarse, y como este aire se mezcla frio ó no llega en bastante cantidad, la combustion es incompleta. Se han hecho fumívoros los hogares (*fig.* 272) añadiendo un conducto que abierto al esterior, generalmente desde el cenicero, lleva aire á un punto entre la rejilla y la entrada del conducto de humo *D:* los hogares de llama invertida que hemos indicado en la *figura* 370 queman mejor el humo que los ordinarios: se ha puesto tambien un segundo hogar que sirve para quemar el humo del principal, ó para calentar aire que se mezcla con el humo de los dos: se han hecho de rejilla móvil y tambien de varias, formando una en escalones, ó haciendo estos escalones con las barras colocadas á mayor altura unas que otras: tambien se han dispuesto hogares en los que entra el combustible triturado por diferentes medios; en una palabra, se ha dispuesto de tantos modos, que se cuentan por centenares los privilegios sacados en diferentes paises para hogares fumívoros: debe por tanto estudiarse esta cuestion, que aquí no hacemos mas que indicar, en otros tratados en donde esté presentada con mas estension que la que puede tener en el presente.

704. Medios de producir elevadas temperaturas. No vamos á ocuparnos de los grandes hornos de diferentes clases, y especiales para ciertas fabricaciones metalúrgicas; esto corresponde á tratados particulares: vamos solo á estudiar sencillos aparatos, en los que se producen elevadas temperaturas, aplicables á muchos usos distintos, ya en los laboratorios, ya en las artes y la industria. Desde luego, un hogar en que el aire tenga fácil entrada por debajo del combustible y una chimenea encima, producirá muy elevada temperatura, porque el tiro sera enérgico, y por tanto habrá mucha renovacion de aire: haciendo entrar el aire por medio de un fuelle, un ventilador, bombas ó por cualquier otro medio, se producirá el mismo efecto.

705. Hornillos de laboratorio. Estos hornillos son de arcillas refractarias con bandas de hierro en su parte esterior, como los de las *figuras* 5, 229 y 230; tienen una rejilla circular *N* (*fig*. 376), apoyada en unos topes del hornillo, y dos aberturas *C* y *D*, la *C* debajo de la rejilla *N* para que el aire entre, y la *D* para arreglar el combustible, pero que debe estar tapada; así dispuestos se usan mucho en los laboratorios, pero cuando es necesario hacerlos de mas capacidad ó mas elevada temperatura, se les añade un segundo cuerpo *A* sobrepuesto, y encima de este, otro tercero *B* en forma semiesférica, con una chimenea en su parte superior, que se alarga cuando es necesario añadiendo un tubo de hierro

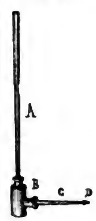
Fig. 376.



E para hacer mayor el tiro; estos hornillos se llenan de combustible, y entre él se pone el cuerpo que se ha de calentar: cuando es necesario, se pone dentro del cuerpo *A* una caja *H* de la misma arcilla, abierta por delante, la cual recibe el nombre de *mufla* (697), y rodeada de combustible toma una elevada temperatura, haciéndose uso de ella para copelaciones, para cocer los esmaltes ó para otras operaciones: la mufla se tapa por su boca, y tiene unas pequeñas aberturas en sus paredes para que pase algo de aire cuando es necesario; si hay que moderar ó apagar el fuego se tapa tambien el cenicero, que tiene, lo mismo que cada boca del hornillo, una tapadera hecha á su medida, de la misma arcilla que el horno. Estos hornillos son de grande utilidad, no solo en los laboratorios, sino fuera de ellos en muchas industrias y artes.

706. Soplete. El aparato mas sencillo para producir sobre un cuerpo de pequeñas dimensiones una elevada temperatura es el *soplete* (*fig.* 377): generalmente se compone de cuatro piezas que están unidas entrando unas en otras á frotamiento; *A* es un tubo largo y cónico; *B* un pequeño recipiente al que se une lateralmente el tubo *C*, tambien cónico, que lleva en su estremo otro tubito *D* con un pequeño orificio; este tubito suele ser de platino, ó de cobre por lo menos, para que no se funda: colocando el estremo *D* en la llama de una bujía, y soplando con la boca por el estremo de *A*, sale el aire sobre la llama y produce un *dardo*, en el cual se pone el cuerpo que se ha de calentar, que se coloca generalmente sobre un pedazo de carbon, escojiendo para calentarle la llama oxidante ó desoxidante (449) segun sea necesario: estos sopletes pueden ser de una pieza, y tambien se han hecho formando de goma elástica el recipiente *B* para que el aire le dilate y siga saliendo aunque no se sople contínuamente. Este aparato es sumamente útil para hacer pequeñas soldaduras de metales, para esmaltes y otros usos semejantes, y tambien para ensayos mineralógicos.


Fig. 377.



707. Lámpara de esmaltar. Para producir en mayor escala los efectos del soplete, se ha hecho la *lámpara de esmaltar* (*fig.* 378). Debajo de una mesa está colocado el doble fuelle *A*, que el operador mueve con el pie, produciendo una salida de aire continua por el tubo *C*; delante del estremo de este tubo se coloca una lámpara de aceite *B*, cuya mecha de algodon es grande, y se arregla de modo que el aire pase por el medio de ella; este aire produce un dardo de mucha estension y elevada temperatura. Peclet ha dispuesto este aparato colocando una lámpara de mecha circular y haciendo pasar por su centro el aire del fuelle, lo que produce una llama vertical; generalmente se usa menos así dispuesta, por la costumbre de usar la primera. Con la lámpara de esmaltar se

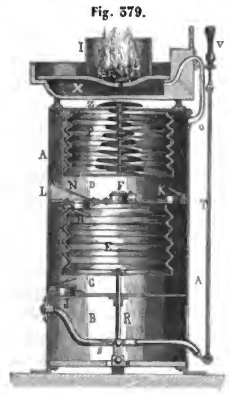
Fig. 378.



hacen las piezas de esmalte, se preparan los tubos de cristal de tan variadas formas que se usan en física y química, como tubos de barómetros y termómetros, conductores de gases, tubos de seguridad y tantos otros, y en fin, se aplica á los usos en que el soplete no basta por sus pequeñas dimensiones.

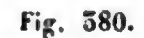
708. Fragua. Una fragua se compone de un doble fuelle que hace pasar el aire al centro de un fogon sobre el que está colocado el combustible; este sencillo aparato es de grandes aplicaciones en la fabricacion de objetos de hierro y otros metales, y para muchos usos en las artes: vamos á dar á conocer una fragua ó *forja* dispuesta por Enfer, que reune las buenas condiciones necesarias en estos aparatos (*fig.* 379). Se compone de un cilindro de hierro *A* dividido en tres partes ó espacios *B, C* y *D*, los dos últimos completamente cerrados y separados entre sí por discos tambien de hierro: en el espacio *C* hay un fuelle cilíndrico *E*, enteramente cerrado, pero con dos válvulas, una *F* que le pone en comunicacion con el espacio *D* y que se abre hácia este, y otra *H* que se abre hácia el fuelle y comunica con el esterior, para lo cual, el cilindro tiene una abertura lateral *L* y una plancha de hierro *N* que intercepta la comunicacion de *L* con *D*; el fuelle *E* tiene un vástago *R* unido á la palanca *S*, la cual comunica por la varilla *T* con otra palanca *V*; una válvula *J* que se abre hácia *C*, pone en comunicacion este espacio con el *B*, que es abierto; otra válvula *K*, que se abre hácia *D*, hace comunicar á este con el *C*; en el espacio *D* hay otro fuelle *P* cerrado, pero con una pequeña abertura en la parte superior, sobre la cual tiene un casquete *Z* para evitar que caiga dentro cualquier cuerpo estraño; este fuelle tiene dentro un resorte que le hace estar tendido, y un vástago que se introduce en un tubo unido al casquete para dirigir el movimiento; un conducto *O* comunica con la caja *X*, cubierta con una plancha de hierro que tiene un orificio en su centro, donde se pone el combustible, y puede tambien, si es necesario, colocarse el cilindro *I* de hierro, que sirve de chimenea; bajando la palanca *V*, se eleva la *S* y el vástago *R*, comprimiéndose por lo tanto el fuelle *E*; en este caso entra aire por la válvula *J* á *C* y sale por la *F* á *D*, permaneciendo cerrada *H* y *K* por la presion que sufren; el aire que ha pasado á *D* sale por *O* á la caja *X*, desde donde llega al combustible, y las cenizas ó carbon que pueden caer se quedan en *X* y no obstruyen el tubo *O*; pero este tubo tiene un diámetro menor que la válvula *F*, de modo que no da salida á todo el aire que entra en *D*, y por lo tanto el aire en esceso comprime el fuelle, saliéndose aire de su interior por debajo de *Z*: subiendo la palanca *V*, baja *S* y *R*, y en tal caso el fuelle *E* se dilata, entrando aire en él por *H*, pero comprimido el de *C*, cierra la válvula *J* y sale por *K* á *D*, y de aqui por *O* á *X*, permaneciendo cerrada *F*, de modo que la salida por *O* es contínua; pero además el fuelle *P*, que está comprimido, tiende á dilatarse por el resorte de su interior, y así, en todos los momentos en que disminuye la pre-

Fig. 379.



sion, por cambiar el movimiento de *V* ó por cualquier causa, se dilata *P* y regulariza la salida del aire por *O*.

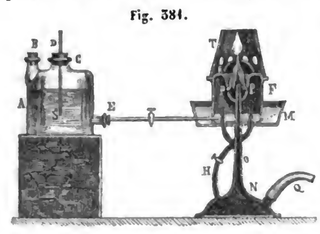
709. **Lámpara de hidrógeno y oxígeno.** Clark ha dispuesto un aparato que produce muy elevadas temperaturas, valiéndose del hidrógeno puro como combustible y del oxígeno tambien puro, para hacerle arder (*fig.* 380); el recipiente *A* contiene uno de los gases y el *B* contiene el otro; comprimiendo los recipientes con un peso cualquiera y abriendo las llaves de salida, llegan los gases por medio de las mangas *D*, á un tubo *C* dispuesto de modo que salga el hidrógeno por una porcion de pequeños agujeros, y el oxígeno por el centro; despues hay una tela metálica para que la combustion no se comunique al interior del tubo y produzca una esplosion (449), y sobre ella arde la mezcla, que estará formada de 2 partes en volumen de hidrógeno y 1 de oxígeno, que son las que forman agua (157): para lo cual se hace doble la salida del hidrógeno; sobre la llama que se forma en el tubo *C*, encendiendo el gas, se pondrá el cuerpo que haya de calentarse. Con este aparato se funden los metales, hasta el platino, y por lo tanto puede aplicarse en muchos casos en que es necesario elevadas temperaturas.


Fig. 380.

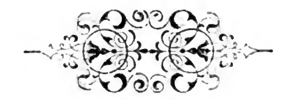


710. **Lámpara de vapores y aire.** Vamos á dar á conocer otro aparato moderno fácil de manejar, y que produce una temperatura muy elevada: este aparato (*fig.* 381) se compone de un frasco *A* que tiene tres tubuladuras, una *B* para introducir líquido, otra *C* para colocar un tubo *D* que mantiene el nivel constante del líquido (300) á la altura *S*, y la última *E*, en la que se coloca un tubo con llave que hace pasar el líquido al recipiente *F*, en el cual se mantiene el nivel constantemente á la altura *S*: este recipiente *F* es cerrado, y lleva unos agujeros *P* en una parte cóncava que tiene en el centro, sobre la cual hay colocada una pieza *R* en forma de casquete esférico, con un agujero en el medio; todo está cubierto con el cono *T*, que tiene en su parte inferior varias entradas para el aire; el recipiente *F* está colocado en otro de mayor diámetro *M*, y unido á un espacio *N* cerrado, el cual tiene 3 tubos; el uno *O*, va á terminar en el centro del recipiente *F* en su parte esterior; otro *H* con llave, que se divide en dos y termina en el interior del recipiente *F*; al tercer tubo *Q*, se adapta una manga de goma elástica que se une á un fuelle doble, ó al aparato *figura* 379 si es posible, y por ella pasa aire al recipiente *N*: poniendo en *A* un líquido muy carbonado, aguarrás por ejemplo, pasa á *F* y se queda á la altura *S*; para encender la lámpara, se echa agua en *M* y se calienta con una de alcohol; el agua trasmite su calor al líquido de *F*, que se volatiliza, y sus vapores salen por *P* y arden aproxi-

Fig. 381.



mando una luz; en este caso se hace funcionar el fuelle y el aire pasa por *H* á mezclarse con los vapores formados; pero al salir se encuentran con el tubo *O* que lleva al interior de la llama otra porcion de aire, y como esta llama tiene que pasar por el orificio de *R*, se mezcla con el aire de *O* completamente: el cuerpo que debe recibir el calor, se pone sobre *T* de modo que no cierre la salida Este aparato produce muy elevadas temperaturas; funde la plata en pocos minutos; el platino y otros metales refractarios se funden tambien en poco tiempo: es por lo tanto un aparato de grande utilidad en muchos casos. Todavía se usan algunos otros aparatos en los laboratorios, que producen bastante elevadas temperaturas, y se pueden disponer de varias maneras, haciendo que á la llama de un combustible entre una corriente de aire bastante grande para hacerle arder rápidamente: los aparatos descritos son los mas importantes, y modificados, se convierten en otros mas sencillos y de menor efecto.



TERCERA PARTE.

LUZ.

CAPITULO I.

PROPIEDADES GENERALES. REFLEXION.

711. Definicion. El *luminico* es uno de los agentes de la naturaleza que producen fenómenos particulares al obrar sobre los cuerpos, y en nosotros el de la *vision*, por el cual juzgamos de la forma, color y otras circunstancias de los cuerpos que se encuentran á diferentes distancias: el efecto de este agente es la *luz;* su estudio es la parte de la física llamada *óptica*.

712. Teorías. Se han hecho varias hipótesis para esplicar los fenómenos del lumínico, siendo las principales dos, semejantes á las del calórico (336). La primera, que es la de Newton, ó de las *emisiones,* se reduce á suponer que los cuerpos luminosos desprenden unas moléculas sumamente pequeñas, dotadas de prodigiosa velocidad, que son las que producen los fenómenos de la vision. La segunda hipótesis de las *ondulaciones,* que es la generalmente admitida en el dia, es suponer un fluido luminoso cuyas moléculas están vibrando con estraordinaria rapidez, comunicando su movimiento á un fluido muy sutil llamado *eter*, en el que producen ondas que propagan la luz en todas direcciones, siguiendo hasta suponer que las ondulaciones se hacen formando una curva en la direccion en que se propaga la luz, á lo que llaman *vibraciones trasversales.*

713. Accion de la luz en la vejetacion. La luz ejerce una accion muy marcada en la vegetacion; el color de los vegetales es debido en gran parte á su influencia, lo que se prueba colocándolos en la oscuridad, y viendo que su color se pierde, y que las plantas, en lugar de verdes, están descoloridas. La luz da origen tambien en los vegetales á la propiedad de descomponer el ácido carbónico que absorben del aire, apropiándose el carbono y desprendiendo el oxígeno, que es lo que se produce durante el dia; pero en la oscuridad no le descomponen. Las plantas que se marchitan de noche es por la falta de luz, pues se las ha hecho marchitar de dia en la oscuridad, y avivar de noche con luces artificiales. Tambien se ha visto que la luz produce en las plantas mayor fuerza absorbente, por lo que su circulacion es mayor; en fin, se ha observado que los vástagos buscan la luz, y las raices la huyen. Todas

estas indicaciones, de las que se puede hacer alguna aplicacion para la vida animal, son sumamente importantes para el agricultor, sobre todo para el floricultor, pues sin luz abundante no hay vegetacion lozana, ni flores de bello color; las estufas cerradas con tejados son por esta causa malas, lo mismo que toda cubierta que quite luz á las plantas.

714. Propagacion de la luz. La luz se propaga en línea recta cuando atraviesa un medio homogéneo; y es fácil convencerse de esta verdad: si tomamos un alambre perfectamente recto y le colocamos entre un ojo y la luz, no veremos mas que un punto oscuro si miramos su punta; es decir, que todos los rayos pasan escepto los que vienen á chocar con ella, que son los interceptados: además, cuando en un cuarto oscuro entra la luz por una pequeña abertura, vemos una ráfaga luminosa en línea recta.

715. Velocidad de la luz. La velocidad con que la luz se propaga ha sido medida por Rœmer del modo siguiente (*fig.* 382): supongamos en *J* el planeta Júpiter, en *S* uno de sus cuatro satélites, y en *T* la tierra, que gira en su órbita alrededor del sol; observando el satélite *S* desde la tierra *T*, se le ve ocultarse detrás de Júpiter cada 42 horas, 28 minutos y 35 segundos; al cabo de seis meses que la tierra se encuentra en *T'* se observa que hay una diferencia entre la hora en que debia ocultarse el satélite, calculando por el tiempo de sus ocultaciones, y la hora en que se oculta, de 16' y 26''; resulta pues que la luz del satélite tarda en recorrer la distancia *ST'*, 16' y 26'' mas que en la distancia *ST;* pero la diferencia es *TT'*, diámetro de la órbita terrestre, ó dos veces la distancia media entre la tierra y el sol, y esta distancia media es de 27 millones de leguas (111), luego serán 54 millones lo que la luz recorre en 16' y 26'', que hacen por segundo 54766 leguas, ó 77000 próximamente de las de 4000 metros. De aquí resulta que tomando la distancia media de la tierra al sol, la luz tarda en recorrerla (16'+26''): 2=8'+13'', es decir, que cuando vemos al sol salir, hace 8' y 13'' que está en nuestro horizonte, y cuando le vemos poner, hace ese mismo tiempo que se ha ocultado para nosotros. El método esplicado sufre algunas modificaciones en la práctica, pero le hemos presentado en su mayor sencillez para que se pueda entender facilmente. Hay otro medio de medir la velocidad de la luz, debido á Foucault, ingenioso, pero que no nos detendremos á examinar porque es suficiente con el que hemos espuesto.

Fig. 382.



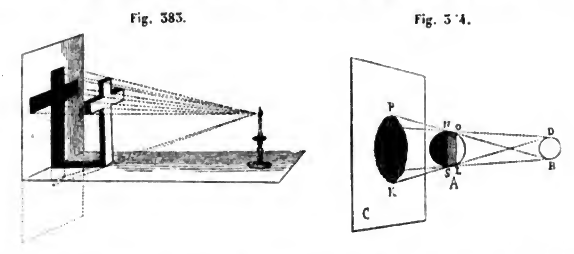
716. Intensidad de la luz con la distancia. Las cantidades de luz recibidas por dos superficies iguales son inversamente proporcionales á los cuadrados de las distancias al foco luminoso, y un cuerpo recibe menos luz cuando mas inclinado se encuentra con la direccion de los rayos; estos dos principios se demuestran, lo mismo que sus iguales, en el calor (375, 376).

717. Cuerpos trasparentes, traslucientes y opacos. Hay cuerpos que dejan pasar la luz sin que pierda nada en su intensidad, y á estos se les llama *trasparentes;* hay otros que permiten pasar una cierta cantidad, pero que no permiten distinguir los objetos al través de ellos, y estos se llaman

traslucientes; y finalmente, hay cuerpos que interceptan completamente los rayos, luminosos, y se llaman *opacos*. Segun opinion de algunos físicos no existen cuerpos completamente opacos, pues dicen que reducidos á las dimensiones convenientes todos dejan pasar la luz, fundándose en que si se pega un pan de oro á un cristal, pasa la luz, á pesar de ser el oro de los cuerpos tenidos por opacos; pero esta es cuestion poco importante,

718. Sombra, penumbra. Cuando un cuerpo opaco se interpone entre un foco luminoso y otro cuerpo que recibe los rayos, el primero intercepta estos rayos, y el cuerpo que los habia de recibir presenta una parte oscura que se llama la *sombra producida por el cuerpo;* además una parte del mismo cuerpo que intercepta los rayos estará oscura, porque la otra parte no permite el paso á la luz, y esta parte oscura se llama *sombra del cuerpo*. Facil será determinar la sombra producida por un cuerpo y la que en él se produce: tirando rectas por los puntos estremos del cuerpo luminoso, tangentes al opaco; los puntos donde estas líneas prolongadas toquen á los cuerpos inmediatos, determinarán el contorno de la sombra producida por el opaco sobre ellos; así se ve en la *figura* 383, en que hemos supuesto ser un punto solo el luminoso. Si los rayos de luz no salen de un solo

Fig. 383. Fig. 3'4.

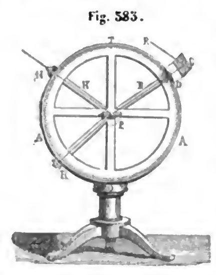


punto, sino de un cuerpo de cierta estension, resulta otro fenómeno particular. Sea un cuerpo *A* (*fig.* 384), que supondremos esférico, el que está alumbrado por el *B*, y un plano *C* que recibe la sombra producida por *A:* el rayo luminoso *DH* encuentra al cuerpo *A* en el punto *N* y á la pantalla *C* en *H*, y suponiendo que este rayo gira tangente á los cuerpos *B* y *A*, formará en este último una seccion representada por la línea *NS*, que divide la parte de sombra de la que tiene luz, y en el plano *C*, marcará un círculo completamente oscuro *HR;* pero si suponemos otro rayo *BP* que gire lo mismo tangente á *B* y *A*, la seccion que formará en este será *OL*, y la parte del cuerpo comprendida entre esta seccion y la de la sombra *NS* no recibe otros rayos paralelos á *BN;* en el plano *C* se formará con el rayo *BP* la seccion *PK*, que tampoco recibe otros rayos paralelos á *BP*; de modo que en el cuerpo, la zona *ONSL* está alumbrada por los rayos como el *DN*, pero no por los oblícuos como *BO*, por lo que la luz no será tan intensa en esta parte, y se producirá una degradacion de sombra, pues á medida que se va acercando á la seccion *NS* va siendo mas intensa, por ser mas los rayos interceptados; á esta parte de sombra menos intensa se llama *penumbra*. En el plano *C*, el anillo comprendido entre *HR* y *PK*, estará alumbrado por los rayos como el *DH*, y no por los oblícuos como el *BP*, por cuya razon habrá una sombra menos intensa, que será tambien la penumbra producida

por el cuerpo opaco. Si el cuerpo luminoso *B* se reduce á un solo punto, las líneas *DH* y *BP* se confundirán y no habrá penumbra; pero variando de magnitud el cuerpo luminoso con respecto al alumbrado, la sombra y penumbra varían tambien de tamaño. La tierra alumbrada por el sol produce sombra y penumbra, en las que puede entrar la luna, y en este caso se dice que está eclipsada; tambien la luna alumbrada por el sol produce sombra y penumbra, en las que puede entrar la tierra, y en este caso se dice, aunque impropiamente, que el sol está eclipsado, pues deberia decirse que lo está la tierra.

719. Reflexion de la luz. Cuando un rayo luminoso encuentra un cuerpo mas ó menos pulimentado, se refleja del mismo modo que el calórico (380), formando el ángulo de incidencia igual al de reflexion. El estudio de la luz reflejada toma el nombre de *catóptrica*. Puede demostrarse la reflexion de la luz lo mismo que la del calórico, pero hay un aparato á propósito, que vamos á describir (*fig.* 385). Supongamos un círculo graduado *A*, sostenido verticalmente; una regla *B*, gira sobre el centro y lleva en su estremo un cuerpo opaco pulimentado *C*, que puede girar, y otro cuerpo opaco *D* con un pequeño orificio en su centro; otra regla *H* que gira tambien desde el centro, lleva un cuerpo *N* en su estremo igual al *D;* en el centro del círculo hay otro cuerpo *P* horizontal, opaco y pulimentado: coloquemos el aparato de modo que un rayo de sol venga á caer sobre él; este rayo, si está convenientemente dispuesto el cuerpo *C*, se reflejará y entrará por *D* siguiendo la direccion recta hasta llegar á *P*, donde reflejará de nuevo. hagamos mover la regla *H* hasta que por el orificio de *N* salga el rayo reflejado, y veremos que el ángulo *DPT* que forma el rayo con la vertical, es igual al *TPN* que forma el mismo reflejado con la misma vertical *TP*, cuyos ángulos se leerán contando los grados desde los orificios *D* y *N* al punto *T;* este esperimento nos prueba que la luz se refleja, y que forma los ángulos de reflexion é incidencia iguales, haciéndonos ver tambien, que el plano que pase por el rayo incidente y el reflejado es vertical, y por tanto perpendicular á la superficie del cuerpo *P* que refleja. El plano de los dos rayos se llama *plano de incidencia*.

Fig. 385.



720. Cantidad de luz reflejada. La luz despues de reflejada no tiene la misma intensidad que antes, pues en la reflexion se produce una pérdida que es debida á varias causas: parte de los rayos se reflejan de una manera irregular, es decir, esparciéndose en distintas direcciones, sin duda á causa de las pequeñas facetas inclinadas ó escabrosidades que presenta la superficie en donde se hace la reflexion, por mas pulimentada que se encuentre, y á este fenómeno se da el nombre de *reflexion irregular ó luz difusa;* otra parte de la luz es absorbida por el cuerpo, y esto, unido á la mucha velocidad de la luz, puede esplicar el que una estancia iluminada, quede instantáneamente oscura cuando se intercepta la entrada de los rayos luminosos en ella; si además el cuerpo es trasparente ó por lo menos trasluciente, dejará tambien pasar los rayos, de modo que solo una parte de los incidentes se refleja, produciendo lo que se llama *reflexion regular;* esta puede hacerse mayor para un mismo cuerpo, aumentando además del pulimento,

la oblicuidad de los rayos, siendo tambien diferente en los distintos cuerpos la cantidad de luz reflejada aunque estén perfectamente pulimentados si son sólidos: por ejemplo, si al llegar la luz sobre un cristal forma un ángulo de 15°, se refleja 0,299 de la total incidente, y si forma ángulo de 80°, solo 0,025; el mármol negro con inclinacion de 15° refleja 0,156, y de 80° refleja 0,023; el agua con inclinacion de 15° refleja 0,211, y con inclinacion de 80° es 0,018: sin embargo, hay cuerpos en que la facultad de reflejar es grande, y en ellos varía muy poco la cantidad reflejada con el ángulo de incidencia; ejemplo de esto es el mercurio, en el cual la cantidad de luz reflejada varia solo $^1/_9$ entre ángulos de incidencia cero y 90° con el plano de reflexion.

721. Espejos planos. Un cuerpo de superficie perfectamente pulimentada, es decir *brillante*, refleja los rayos luminosos que salen de otro cuerpo, haciendo que veamos este último donde no existe, ó lo que es lo mismo haciendo ver su *imagen;* el cuerpo que así refleja se llama *espejo;* y como los metales son en general los cuerpos que reciben mejor pulimento, estos son tambien los que forman mejores espejos, que pueden ser planos ó curvos. Supongamos (*fig.* 386) un punto *A*, y en *B* el ojo del observador; sea *AC* un rayo que sale del cuerpo *A*, y despues de reflejarse en un espejo *D* y formar los ángulos *ACD* y *BCD'*, iguales, viene al ojo *B;* tiremos la perpendicular *AH* al plano del espejo y prolonguemos la *BC;* en el punto *H*, en que estas dos líneas se encuentran, se verá la imagen del punto *A* como si realmente existiera este punto en *H*, y como los triángulos *HCN* y *NCA* son iguales, resulta la línea *NA*=*NH*, es decir, que se verá la imagen dentro del espejo á una distancia igual á la que existe desde el mismo espejo al punto *A:* como todos los rayos que entren en el ojo y que puedan salir de diferentes puntos de un objeto estarán en igual caso que el *AC*, la demostracion será la misma, y la imagen será la del objeto entero en lugar de serlo de un punto, como hemos supuesto. Estas imágenes, que no existen, y que son solo una ilusion del ojo, se llaman *imágenes virtuales*. Si el objeto está vertical y se refleja en un espejo inclinado de 45 grados, la imagen aparecerá horizontal (*fig.* 387): por ejemplo, el objeto *A* reflejándose en el espejo *C* producirá la imagen *B*, y siendo el ángulo *ODA* de 45°, el *ODB* debe ser igual porque los triángulos *ODH* y *ODN* han de ser iguales; luego el ángulo *NDH* será recto. Los espejos de cristal se forman adaptando una amalgama de estaño con el mercurio á una de las caras del cristal; por lo tanto, estos no son mas que espejos metálicos, pero muy perfectos, porque el mercurio forma una superficie tan lisa como la del cristal á que se adapta, y es opaco, y el cristal resguarda de la oxidacion al mercurio y conserva brillante su superficie. En estos espejos se produce un fenómeno particular, pues la superficie libre del cristal reflejará la luz y tambien la metálica, de modo que habrá dos superficies de

Fig. 386.

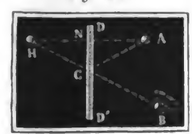


Fig. 387.

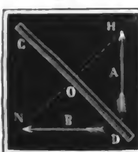
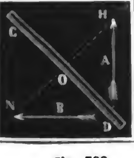
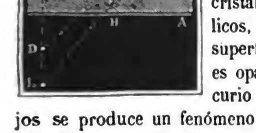



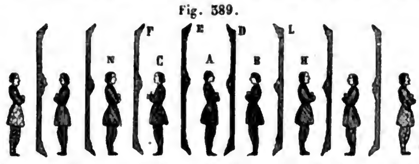
Fig. 388.



reflexion, y por tanto varias imágenes. en efecto, sea un espejo *A* (*fig.* 388); parte de los rayos luminosos que salen de *B* se reflejan en *C*, y por tanto la imagen aparece en *D*; pero otra parte penetra en el cristal, y produciendo el fenómeno particular que veremos mas adelante, al atravesar un cuerpo, se reflejan en *H* y forman la imagen *L*, que estará de la primera á una distancia doble del grueso que tenga el cristal; de este modo pueden formarse varias imágenes que irán disminuyendo de intensidad, y para que sean visibles es necesario colocar el espejo en una posicion conveniente con respecto al ojo.

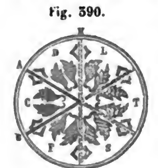
722. Espejos paralelos. Supongamos (*fig.* 389) dos espejos paralelos *D* y *E*, y coloquemos un objeto entre ellos, una persona *A* por ejemplo; este objeto formará una imagen en *B* y otra en *C*, pero al mismo tiempo el espejo *E* formará su imagen en *L*, y el *D* en *F*, y las imágenes *C* y *B* servirán como el objeto para formar nuevas imágenes *H* y *N* de menos intensidad por la mayor distancia; de este modo se verán reproducir los objetos sucesivamente en gran número, pues solo tendrá límite esta ilusion cuando las imágenes hayan perdido tanto en su intensidad que no sean suficientemente claras para poderse percibir.

Fig. 389.



723. Espejos en ángulo. Si suponemos que dos espejos forman un ángulo, como los *A* y *B* (*fig.* 390), y que entre ellos se coloca un objeto *C*, este se reproducirá en *D* y *F*, los espejos en *H* y *K*, y otra vez los objetos en *L* y *S*, y así sucesivamente; si al formarse las últimas imágenes no coinciden en una sola, es decir, si en la figura propuesta la imagen *L* y la *S* formaran dos distintas, seguirian reproduciéndose, resultando confusion; pero si forman una sola en *T* se verá el objeto reproducido varias veces sin confusion, aunque no con la misma intensidad en todas: esto sucederá si el ángulo de los dos espejos es una parte exacta de 360 grados, por ejemplo 60, como en la figura se indica; en tal caso aparecerán seis ángulos con cinco imágenes y el objeto, que formarán la ilusion de seis objetos colocados de la misma manera en cada ángulo. Fundado en lo que acabamos de decir, hay un pequeño aparato de física recreativa llamado *Kaleidóscopo*, que consiste en un tubo de cartulina ó cualquier otro cuerpo, en cuyo centro se colocan dos espejos de la longitud del tubo y de una pulgada ó menos de ancho, y formando un ángulo de 60°, de 45, ó de otro número, parte exacta de 360; este tubo se cierra por un estremo con una caja que entre dos cristales, de los cuales el esterior debe ser deslustrado, contiene objetos cualesquiera, como pedacitos de vidrios de colores ó figurillas de talco; por el otro estremo está tambien tapado el tubo, pero tiene un agujero en el centro de la tapa, por el que se mira, y resulta que los objetos que se presentan en el ángulo de los espejos se reproducen varias veces alrededor de un punto, formando imágenes regulares y variadas al infinito.

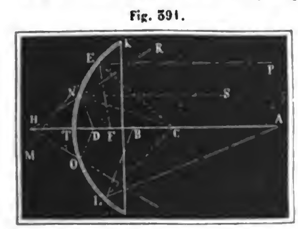
Fig. 390.



724. Reflexion sobre superficies curvas. Espejos cóncavos.

Si suponemos un espejo parabólico igual al que dejamos esplicado en el calor (*figura* 216), recibiendo sobre su superficie una porcion de rayos paralelos al eje, vendrán á reunirse en el foco del espejo despues de reflejados; y si, por el contrario, se supone el cuerpo luminoso en el foco, los rayos reflejados saldrán paralelos al eje; pero no son espejos parabólicos los que se usan generalmente, sino esféricos, y de estos nos vamos á ocupar. Una superficie esférica se engendra por la revolucion de una circunferencia alrededor de su diámetro; y por tanto, un espejo esférico, que es parte de la esfera, se engendrará por la revolucion de un arco de circunferencia *EL* (*fig.* 391) alrededor de su diámetro, que supondremos el *AH*, al cual llamaremos *eje*, y al punto *T* le llamaremos *centro de figura*, para distinguirle del centro geométrico *C*, que es el del arco generador: supongamos un rayo *PE* paralelo al eje, que al reflejarse sigue la direccion *EF;* como el ángulo de incidencia debe ser igual al de reflexion, y estos ángulos se han de suponer formados con la tangente *KM* al punto de la curva que consideramos (105), ó con su perpendicular *EC* que será el rádio, tendremos que los ángulos *PEC* y *CEF* serán iguales; pero el ángulo *PEC*=*ECF* segun enseña la geometría, luego en el triángulo *CEF*, los lados *FC* y *FE* serán iguales; suponiendo ahora que el arco *TE* es pequeño, la linea *EF* y la *TF* tendrán muy poca diferencia, y las podremos suponer iguales, en cuyo caso *TF* y *FC* son iguales, ó lo que es lo mismo, el punto *F*, está enmedio de la *TC:* otros rayos paralelos que vengan á reflejarse en puntos próximos á *T*, se encontrarán en iguales circunstancias que el *PE*, y por tanto vendrán tambien á pasar por el punto *F*, por cuya razon á este punto se le llama foco principal; pero no olvidemos que si los rayos reflejados han de pasar por el punto *F*, es con la condicion de ser *FT*=*FC*, y como esto no es exacto, los rayos se encontrarán en una estension que no será un punto; y así debe suceder puesto que las esferas no tienen focos: de aquí resulta una cierta confusion en las imágenes, á que se da el nombre de *aberracion de esfericidad por reflexion*. Supongamos ahora que la linea *PE* forma con la *EC* el ángulo de incidencia mas pequeño que el *PEC*; en este caso la linea *PE* no será paralela á la *TA*, y por tanto la encontrará convirtiéndose por ejemplo en la *AL;* pero como el ángulo *ALC* es menor que el *PEC*, el ángulo *CLB* de reflexion tendrá que ser menor que el *CEF*, luego la linea *LB* vendrá á cortar á la línea *TA* en un punto *B*, mas próximo al centro *A* que el *F;* si el punto *A* se aproxima á *C* le sucederá lo mismo al *B*, y si el *A* coincide con el centro, la línea *AL* se convertirá en la *CL*, y lo mismo le sucederá á la *LB*, porque los dos ángulos que forma la línea *LC*, que es rádio, con la tangente en *L* son iguales, y así, el rayo que desde el *C* se refleja en *L* tiene que volver á *C:* si el punto *A* pasa á colocarse entre el centro y el espejo, en *B* por ejemplo, como hemos supuesto que los ángulos *BLC* y *CLA* son iguales, resulta que el rayo que sale de *B* y se refleja en *L*, seguirá la direccion *LA*, y encontrará al eje en el punto *A*, por lo que vemos que los dos puntos *A* y *B* tienen propiedades recíprocas, y se les llama *focos conjugados*. Supon-

Fig. 391.



gamos ahora que los rayos salen del *foco F*, como el *FN*, es evidente que la reflexion se hará saliendo el rayo reflejado paralelo al eje como *NS;* pues ya hemos visto que en este caso serán los ángulos *CNF* y *CNS* iguales: si salen de un punto entre el foco y el espejo, como del *D* los *DN* y *DO*, forman con el rádio *CN* un ángulo mayor que el *CNF*, luego el ángulo de reflexion será mayor que el *CNS*, por ejemplo el *CNR*, y por tanto, los rayos reflejados no serán paralelos al eje, de modo que si se prolongan, le cortarán fuera del espejo en el punto *H*, al cual se llama *foco virtual*. Si el punto luminoso está fuera del eje, se tirará una línea que pase por este punto y el centro, la cual se tomará por eje, que llamaremos *eje secundario*, y á él aplicaremos todo lo dicho. Cuando presentamos delante de un espejo un cuerpo luminoso y no un punto, como hasta ahora hemos supuesto, este cuerpo se podrá suponer formado de muchos puntos, que estarán unos en el eje y otros fuera, los cuales se supondrán en un eje secundario que tendrá su foco lo mismo que el eje principal, y resultarán una porcion de focos, que darán la imagen del cuerpo, ya delante del espejo, y será *imagen real*, ó ya detrás, y será *virtual*. Supongamos el objeto *AB* (*figura* 392) delante del espejo *D* á mayor distancia que el centro: tiremos desde el punto *A* por el centro *C* el eje secundario *AE*, y supongamos un rayo cualquiera *AH;* este, al reflejarse en el espejo, debe formar el ángulo de reflexion igual al de incidencia, luego tirando el rádio *CH*, hemos de formar con él un ángulo igual al *AHC*, que es el de incidencia; si suponemos que este ángulo igual es el *CHO*, el punto en que la línea *HO* corta el eje *AE* será el foco, y por tanto el punto *A* formará su imagen en *O;* repitiendo la misma construccion para el punto *B*, tendremos su imagen en *L*, y por tanto *LO* será imagen real de *AB*, que debe aparecer invertida, y se demuestra facilmente que debe ser menor que el objeto. Si este se coloca en el foco, los rayos se reflejarán paralelos á los ejes, y no hay imagen formada. Si el objeto se coloca entre el foco y el espejo, como el *BD* (*figura* 393), tendremos el eje secundario *CA*, que pasa por *B;* un rayo *BE* que salga del mismo punto, reflejado en *EN* y prolongado á la parte opuesta del espejo, dará la imagen virtual de *B* en *A*; del mismo modo encontraremos la del punto *D* en *H*, y por tanto el objeto *BD* nos da una imagen *AH* virtual, directa y siempre mayor que el objeto.

Fig. 392.

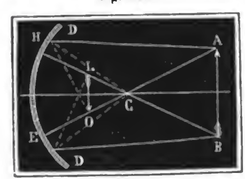
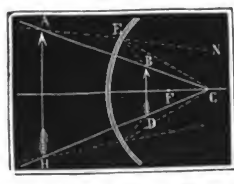


Fig. 393.



725. Determinacion del foco en los espejos cóncavos. Para determinar el foco en un espejo cóncavo, pondremos el espejo de modo que reciba los rayos del sol paralelos á su eje, y el punto donde en una pantalla se marque la imagen mas iluminada y mas clara, será el foco, y su distancia al espejo duplicada (724) será rádio de él.

726. Aplicaciones. Los espejos cóncavos tienen varias aplicaciones: colocado un cuerpo luminoso en el foco principal del espejo, los rayos reflejados saldrán paralelos, y por tanto la intensidad no se perderá en razon inversa del

cuadrado de la distancia (716), porque los rayos no son divergentes, y así recorrerán grande espacio, puesto que solo decrece su intensidad por la pérdida al atravesar la atmósfera; esta es la causa de que se usen tanto los espejos cóncavos para reflejar la luz: tambien se hace uso de ellos en muchos instrumentos astronómicos.

727. Espejos convexos. Supongamos un espejo convexo *EL* (*fig.* 394) y un rayo *PE* paralelo al eje; prolonguemos este rayo hasta *S* y nos encontraremos en el caso del espejo cóncavo, de modo que este rayo forma con *CE* un ángulo que será igual á *CEF*, y por tanto *F* el foco, si el espejo fuera cóncavo; pero suponiendo reflejado el rayo *PE*, tiene que formar con la tangente *TK* al reflejarse, ó con la perpendicular á ella *EN*, que es la *CE* prolongada, ángulos de incidencia y reflexion iguales; luego el ángulo de reflexion *NEO* tendrá que ser igual á *PEN*, y para esto ser igual al *CEF*, pues tenemos *CEF*=*CES*=*NEP*; luego el *NEO* estará formado con la prolongacion de la *FE*: de aquí resulta que los rayos paralelos al eje que vengan á reflejarse en el espejo convexo, prolongados por la parte opuesta, se reunirán en donde sería foco principal si el espejo fuera cóncavo; pero como en este caso es foco virtual, se le llama *foco virtual principal*. Si los rayos no son paralelos al eje y salen de un punto de él, por ejemplo de *A*, en que suponemos el rayo *AL*, como formará con la prolongacion *LH* del rádio un ángulo *ALH* mayor que si fuera paralelo al eje, el ángulo de reflexion le formará una línea *LR*, que prolongada ha de formar con *CL* un ángulo mayor que el *CEF*; luego vendrá á cortar al eje detrás del espejo en un punto *B* entre este y el foco, que será el *foco conjugado* de *A*, pero tambien virtual; luego en los espejos convexos no hay mas que focos virtuales. Si el punto está fuera del eje principal, se supondrá un eje secundario y tendremos con él todo lo dicho. Si suponemos un objeto delante de un espejo convexo, podremos ya determinar su imagen: coloquemos el objeto *FH* (*fig.* 395) delante del espejo convexo *D*; tirando desde *F* el eje secundario *CF* y un rayo *FO*, este se refleja en *ON*, que prolongado encuentra al eje en *A*, y este punto será la imagen virtual de *F*: en el punto *H* repetiremos lo mismo, tirando el eje secundario *CH*, un rayo cualquiera *HP* se reflejará en *PS*, que prolongado nos da en *B* la imagen virtual de *H*, y por tanto en *AB* la del objeto *FH*, que será siempre virtual, directa y menor que el objeto.

Fig. 394.

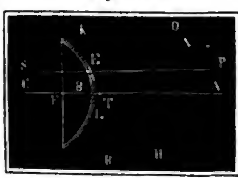


Fig. 395.

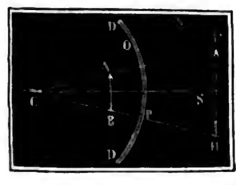
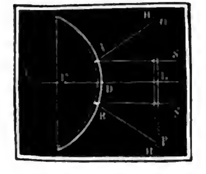


Fig. 396.



728. Determinacion del foco en los espejos convexos. Para determinar el foco en un espejo convexo se le cubre la superficie con un cuerpo opaco, negro de humo por ejemplo, dejando dos puntos brillantes *A* y *B* (*fig.* 396) á igual distancia del

centro de figura *D*; se pone despues delante del espejo á cualquier distancia una pantalla *H*, con una abertura circular de mayor diámetro que la distancia *AB*, cuya abertura recibirá los rayos *S* del sol, paralelos al eje, los que lleguen á los puntos *A* y *B* se reflejarán y vendrán á producir puntos luminosos en *O* y *P*; haciendo de modo que estos puntos esten á doble distancia que *A* y *B*, separando la pantalla convenientemente, tendremos que *DL*, distancia del centro de figura á la pantalla, es igual á la distancia focal buscada; los triángulos semejantes *FAB* y *FOP* hacen ver sencillamente esta verdad.

729. Espejos curvos, no esféricos. Si un objeto se presenta delante de un espejo curvo, no esférico, las imágenes se forman distintas del objeto, pues varían entre sí las distancias de los diferentes puntos que son imágenes de las del objeto, con respecto á las que en este tienen; así una imagen regular se verá enteramente informe en el espejo, pudiendo tambien trazarse una imagen informe, pero con ciertas condiciones, y el espejo la presentará regular: estas imágenes se llaman *anamórfosis*, y se preparan para que se vean regulares en espejos cilíndricos, cónicos y de cualquiera otra forma; pero esto pertenece solo á la física recreativa.

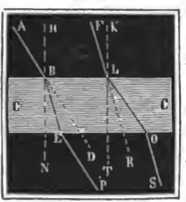
730. Helióstata. Los espejos, que tantos usos tienen, se han preparado tambien de modo que conserven una posicion constante á los rayos del sol reflejados á pesar del movimiento de la tierra con respecto á él (111), para lo cual se ha construido un aparato con un espejo que se mueve por una máquina de reló, y aquel refleja los rayos del sol constantemente sobre el punto que se desea, corrigiendo con su movimiento la diferencia de posicion que tomarian los rayos reflejados: á este aparato se ha dado el nombre de *helióstata*.

CAPITULO II.

REFRACCION.

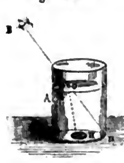
731. Refraccion. Cuando un cuerpo recibe los rayos luminosos de un foco cualquiera, refleja mas ó menos cantidad de estos y deja pasar á otros: si los recibe perpendiculares á su superficie, los rayos que le atraviesan siguen la misma direccion que al incidir; pero si los recibe oblícuos, no siguen al atravesarle la misma direccion, sino que se acercan á la *normal*, ó perpendicular tirada á la superficie, ó se alejan de ella, segun el cuerpo que atraviesen sea mas ó menos denso que el que anteriormente vienen atravesando: á esta desviacion que esperimentan los rayos luminosos en su direccion al atravesar un cuerpo, se llama *refraccion*, y al estudio de la refraccion de la luz, se llama *Dióptrica*. Supongamos un rayo *AB* (*fig.* 397) que llega á la superficie del cuerpo *C*; si este cuerpo es mas denso que el que viene atravesando el rayo *AB*, en lugar de seguir este su direccion *BD*, se refracta, es decir, se desvía de ella, acercándose á la normal *HN*, si-

Fig. 397.



guiendo la direccion *BE;* si luego sale al mismo medio que antes venia atravesando, volverá á seguir la direccion *EP* que tenia en *AB;* esto sucederá si suponemos que el rayo *AB* viene desde el aire, á pasar por *C* que sea cristal, saliendo otra vez al aire. Si suponemos que el cuerpo *C* es menos denso que el que viene atravesando el rayo luminoso *FL;* al llegar á la superficie, en lugar de seguir su misma direccion *LR*, se desvía mas de la normal *KT*, y sigue la direccion *LO* volviendo á seguir la misma *OS* que traia al incidir, si sale al medio que entonces atravesaba: así se verificará si el rayo atraviesa por agua y el cuerpo *C* es aire. Se llaman ángulos de incidencia á los *ABH* y *FLK*, y de refraccion los *NBE* y *TLO:* tambien los rayos *EP* y *OS*, que salen refractados, se llaman *emergentes*. Podemos hacer un esperimento para convencernos del cambio de direccion que se efectúa en los rayos luminosos al atravesar de un medio á otro: supongamos un vaso *A* (*figura* 398), y coloquémosle de modo que desde un punto *B* no veamos el fondo; si á este vaso se le echa agua, el rayo *BD* que antes era recto, se refracta y sigue la direccion *BOH*, y vemos una parte del fondo *HD*, que antes no se podia ver, de modo que un objeto *H* colocado en este fondo, que antes de echar el agua no se veia desde *B*, será visible ahora. La refraccion se demuestra con el aparato *figura* 385, para lo cual en lugar del espejo *P*, se coloca un vaso semicilíndrico que contenga un líquido, cuya superficie llegue al centro del aparato; el rayo que atraviesa este líquido se refracta, y al salir, como encuentra un arco de círculo cuyo centro está en el punto de incidencia, que debe ser el mismo centro del aparato, resulta perpendicular á la tangente del punto por donde sale, por cuya razon salen sin sufrir nueva refraccion; de este modo puede medirse el ángulo de incidencia en el arco *DT* y el de refraccion en el *RO*, y buscar la relacion entre ellos ó entre sus líneas correspondientes, llamadas en trigonometría *senos*, cuya relacion toma el nombre de *indice de refraccion:* tambien se observa que el rayo incidente y el refractado están siempre en un plano perpendicular á la superficie que separa los dos medios atravesados por la luz. La siguiente tabla presenta el índice de refraccion de varios cuerpos.

Fig. 398.



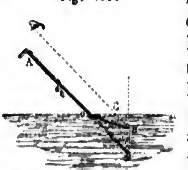
Rubí	1,779
Diamante	1,775
Espato de Islandia, refraccion ordinaria	1,654
Id. id. estraordinaria	1,483
Flint-glass	1,605
Crown-glass	1,534
Alcohol	1,374
Eter	1,358
Agua	1,3358
Hielo	1,310
Aire	1,0003

732. Doble refraccion. La refraccion no se produce en todos los cuerpos como acabamos de indicar, pues en algunos, en lugar de tomar el rayo

refractado una direccion sola, toma dos distintas; en este caso se dice que es una doble refraccion, para diferenciarla de la simple, que es cuando sigue el rayo un solo camino.

733. Angulo límite. Supongamos que el rayo luminoso *AB* (*fig.* 399) pasa de un medio mas denso *D* á otro que lo es menos; el ángulo de incidencia *ABH* es menor que el de refraccion *CBL;* imaginemos que el ángulo *ABH* aumenta, el *CBL* aumentará tambien; pero como este último es mayor que el primero, llegará á ser recto antes que el *ABH:* por ejemplo, cuando este se convierta en *FBH*, el de refraccion se convertirá en *LBM*, y por tanto se refracta saliendo en direccion de la superficie *NM;* en este caso el ángulo *FBH* se llama *ángulo límite*. Si suponemos que todavía el rayo luminoso forma un ángulo mayor que el límite, como *PB*, el ángulo de refraccion tiene que ser mayor que recto; luego el rayo refractado será el *BS*, que está dentro del cuerpo *D*, y en este caso la refraccion se convierte en reflexion sobre la superficie *NM*, dándose el nombre de reflexion total á este caso, por reflejarse la luz en totalidad. El ángulo límite varía en los diferentes cuerpos; el del agua es 48°,35' con el aire, y el del cristal 41°,48' tambien con el aire.

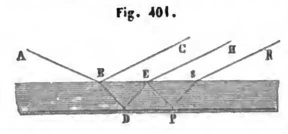
Fig. 399.



734. Efectos de la refraccion. La refraccion produce varios fenómenos fáciles de esplicar; muchas veces nos parece doblado un cuerpo del que sumerjimos parte en el agua, un baston, por ejemplo, parece doblado en donde la superficie del líquido le corta: sea este baston el *AB* (*fig.* 400); el rayo luminoso que sale de *B* se refracta en *C* hasta el ojo, y por tanto el observador ve la imagen de *B* en *H*, y el baston le parece doblado por *O*. La refraccion es causa tambien de que veamos los astros en un punto donde no se encuentran, pues los rayos luminosos que llegan á nosotros, al atravesar las capas de la atmósfera se refractan, y producen el error. Si un espejo de cristal azogado recibe desde un objeto muy oblícuamente los rayos luminosos, como el *AB* (*figura* 401), se reflejan en *B* una parte y salen por *BC;* pero otra parte de la luz se refleja en la superficie metálica en *D* y sale por *DE;* en *E* una parte de la luz sale refractada en *EH*, pero otra, sufriendo la reflexion total, se refleja en *EP*, y despues en la superficie metálica vuelve á reflejarse, saliendo á *S*, donde el mismo fenómeno que en *E* vuelve á reproducirse, y sale una parte en *SR;* de aquí que se verán muchas imágenes (721) en este caso aunque no en número indefinido, pues la luz se va perdiendo en las diferentes refracciones y reflexiones que sufre.

Fig. 400.

Fig. 401.



735. Espejismo. La refraccion esplica tambien un fenómeno conocido con el nombre de *espejismo*. En las grandes llanuras y cuando la temperatura es elevada, se observa á veces el fenómeno singular de ver retratados como en un espejo ó en un lago cristalino, los objetos que se encuentran sobre la superficie de la tierra, como árboles, casas y demás cuerpos. Suponga-

mos (*fig.* 402) una llanura cuyo suelo, caldeado por los rayos del sol, eleva la temperatura de la capa de aire que está en contacto con él, la cual dilatada se eleva y deja lugar á otra que se calienta á su vez; pero estas capas dilatadas, al elevarse pierden parte de su calor, y por lo tanto hay una serie de ellas *ABCDEFG* que van siendo mas densas conforme distan mas de la tierra: si de un objeto cualquiera sale un rayo *OP*, al llegar á las capas menos densas se refracta, formando mayor ángulo cada vez, y sigue la direccion *PRT*, hasta que llega á una, la *A* por ejemplo, en que la refraccion se convierte en reflexion en *T*, por haber pasado del ángulo límite el de incidencia, y en este caso el rayo *TH*, que ahora sigue el camino inverso, se va refractando de una en otra capa, formando ángulos cada vez menores: si suponemos una persona en *S* por ejemplo, verá una imagen de *O* en la prolongacion *SH* del rayo que recibe, donde esta prolongacion encuentre á la perpendicular desde *O* al suelo: las llanuras del Africa producen con frecuencia este fenómeno. El mar tambien forma espejismos en sentido contrario que la tierra, porque las capas de aire menos densas no son las que están en contacto con el agua, sino por el contrario las que están mas elevadas, pues el agua se calienta poco, de modo que la imagen se ve encima del objeto (*fig.* 403): si suponemos un buque *A* visto desde *B*, un rayo luminoso *C* y otro *D* que serían perdidos para el punto *B* se refractan, y encorvados llegan hasta él, de modo que se ve la imagen en la prolongacion de *C' D'* de las tangentes á estos rayos, y si se han cruzado por ejemplo en *O*, la imagen que se percibe en *H* estará invertida: si otros rayos *R* y *S* que salen mas altos pueden refractarse y llegar á *B*, porque las capas mas elevadas sean de la densidad conveniente para ello, se verá otra imagen *B* en la prolongacion *R S'* de las tangentes; y si los rayos refractados no se han cruzado, se verá directa: pueden por tanto verse varias imágenes directas ó invertidas, y combinarse estas de diferentes maneras. En mayo de 1854, la flota inglesa destinada á la guerra contra Rusia en el Báltico, observó un espejismo en que se veía toda la escuadra retratada á una cierta altura, produciendo un magnífico espectáculo; en los periódicos pintorescos de aquella época pueden verse grabados que representan este fenómeno.

Fig. 402.

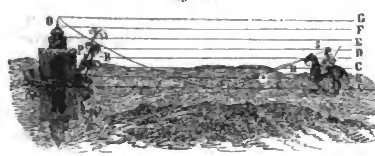
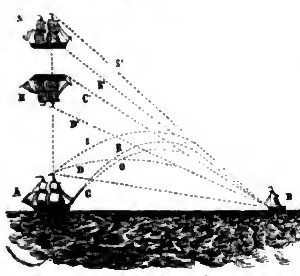


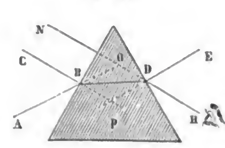
Fig. 403.



786. Refraccion por prismas. Hemos supuesto que los rayos luminosos atravesaban cuerpos de caras paralelas, y vamos á examinar ahora el caso en que el cuerpo esté formado por caras no paralelas: si estas se prolongan suficientemente, se encontrarán en una línea y formarán lo que se llama un *prisma*,

pues supondremos que están cortadas con otra tercera, siendo la seccion en tal caso un triángulo, en el cual se da el nombre de *ángulo refringente* al formado por las dos caras que se consideran. Supongamos (*fig.* 404) un rayo luminoso *AB*, que entre en el prisma *P*; este rayo al entrar en un medio que supondremos mas denso, se refracta en *BD*, aproximándose á la normal *BC*, pero llegado á *D* sale de nuevo al aire que es menos denso, y vuelve á refractarse, alejándose en este caso de la normal *DE*, llegando á verse en *H*, desde donde se supondrá el objeto en un punto *N* de la prolongacion *DH*. El ángulo *AON*, que es el que forma el rayo incidente *AB* y el emerjente prolongado, y que es igual al *ABC*, se llama *ángulo de desviacion*.

Fig. 404.



737. Lentes. Cuando los cuerpos que dejan paso á la luz están terminados por superficies curvas, ó tienen por lo menos una curva, se llaman *lentes*, que pueden ser de varias especies por la combinacion de superficies convexas, cóncavas ó planas (*fig.* 405). Si tienen sus dos superficies convexas, 1, se llaman *biconvexas;* si una convexa y otra plana, son *plano-convexas*, 2; y si una convexa y otra cóncava, son *cavo-convexas convergentes*, 3: estas tres especies son mas gruesas por el centro, y toman el nombre general de *convergentes;* cuando las dos caras son cóncavas, se llaman *bi-cóncavas*, 4; si una plana y otra cóncava, son *plano-cóncavas* 5; y si una convexa y otra cóncava, *cavo-convexas divergentes*, 6; estas tres son mas delgadas por el centro, y se llaman *divergentes*. Las superficies curvas que forman todas las lentes pueden ser de cualquier especie, pero en general se hacen esféricas, y en este caso se llama *eje principal* la línea que une los centros de las curvas que forman las dos caras, cuyos centros toman el nombre de *centros de curvatura;* y en las lentes que tienen una cara plana, es eje principal la línea que desde el centro de la cara curva es perpendicular á la plana. Si suponemos una lente cualquiera y la consideramos formada de una porcion de pequeños elementos planos opuestos, tendremos reducido el caso de refraccion en ellas, al de los prismas que anteriormente hemos examinado (736), y por tanto las normales á estas superficies serán las perpendiculares á las tangentes de cada uno de sus puntos; veamos cómo se refractará la luz por ellas, entendiendo que se conservan los mismos nombres que en la reflexion de los espejos curvos para significar cosas análogas.

Fig. 405.

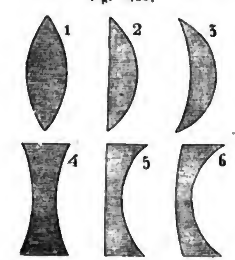
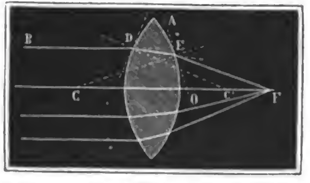


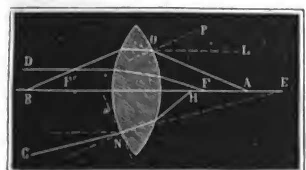
Fig. 406



738. Lentes convergentes. Supongamos (*fig.* 406) una lente biconvexa *A*; un rayo *BD* paralelo al eje *CC'* se refracta al atravesar la lente en *DE* aproximándose al eje, y sale despues refrac-

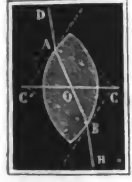
tándose de nuevo con una inclinacion hácia el eje, de modo que vendrá á cortarle en un punto *F*; en otro rayo cualquiera se producirá el mismo efecto, con la circunstancia de que si la estension del arco en que van á incidir los rayos paralelos es pequeña, vendrán estos á encontrarse, despues de refractados, próximamente en el mismo punto *F*, que será el *foco principal*, y la *distancia focal principal* será la que hay desde *F* á la superficie de la lente en la parte *O*; el foco no será un punto exactamente, y mas cuando el arco de incidencia sea de alguna estension, pues se formará una figura con todos los puntos en que se cruzan los rayos, llamada *cáustica por refraccion*, produciéndose en las imágenes la *aberracion de esfericidad*, que tambien aquí existe como en los espejos curvos (724). Supongamos ahora que los rayos salen de un punto *A* del eje (*fig.* 407) á mayor distancia que la focal; considerando el rayo *AO*, tendremos que forma con la normal *OP* un ángulo mayor que si fuera paralelo como *LO*; luego el ángulo de refraccion será tambien mayor que el que formaría en este caso, de modo que despues de las dos refracciones vendrá á encontrar al eje en un punto *B* mas distante de la lente que el foco *F*, puesto que cuando pasaba por el foco, el ángulo era menor; otro rayo que salga de *A*, vendrá sensiblemente á pasar por *B*, y por tanto los puntos *A* y *B* son focos *conjugados*, que tendrán las mismas propiedades recíprocas que los focos de los espejos (724): si el punto *A* se aproxima al foco, el *B* se aleja, y cuando el *A* esté en el foco, los rayos saldrán paralelos como el *D*, y les sucederá lo que reflejados en un espejo en circunstancias análogas, y no se perderá la intensidad por dispersarse los rayos, sino por la absorcion de la atmósfera (726). Si el punto *A* se acerca á la lente mas que el foco y se coloca por ejemplo en *H*, como el ángulo de incidencia es mayor que cuando el rayo sale del foco, el rayo emergente formará con la normal un ángulo mas agudo que en este caso, y por tanto será el *NC* divergente con el eje, pero prolongado, le encontrará en *E* y este punto será el *foco virtual*.

Fig. 407.



739. Centro óptico. Supongamos una lente biconvexa (*fig.* 408), y tiremos desde sus centros dos radios paralelos *C'A* y *CB*, y las tangentes en *A* y *B*, que serán perpendiculares á estos radios; si un rayo *HB* entra en *B* y sale en *A*, como atraviesa un medio terminado por caras paralelas, el rayo emergente *AD* saldrá en la misma direccion (731) que el *HB*: demos otra posicion á los radios *C'A* y *CB*, y tendremos otros puntos como el *A* y *B* en que sucederá lo que en estos, pero siempre el rayo al refractarse cortará el eje en el punto *O*; lo mismo sucede en todas las lentes convergentes, por lo tanto existe un punto en ellas que tiene la propiedad de que los rayos que pasan por él, se refracten de manera que el rayo incidente sea paralelo al emergente: á este punto se llama *centro óptico*, el cual, como vemos, está en el eje, encontrándose además en el centro de la lente si esta es biconvexa de caras de igual radio, y en las que no tengan esta propiedad estará en un punto fácil de determinar geométricamente por la semejanza de los


Fig. 408.



triángulos *COA* y *COB*. Las líneas que pasan por el centro, diferentes del eje principal, se llaman *ejes secundarios*, y no siendo muy gruesas las lentes, se podrá suponer que un rayo que pasa por el centro óptico es uno de estos ejes, pues no habrá grande error en considerar que la línea *AD* es prolongacion de la *HB*; en este caso se podrán aplicar á los ejes secundarios todas las propiedades que hemos visto del principal, pues el error será pequeño.

740. Imágenes formadas por las lentes biconvexas. Supongamos (*fig.* 409) un objeto *HP* colocado á una distancia mayor que la focal, tiremos el eje secundario *HO* y un rayo luminoso *HA* desde el punto *H* del objeto; este rayo refractado saldrá por *B*, y seguirá una direccion *BO*, cortando el eje en el punto *O*, donde tendremos la imagen real del punto *H*; del mismo modo tendremos en *R* la del punto *P*, y por tanto la imagen del objeto en *RO*, que será real invertida. Aproximemos el objeto al foco, y la imagen se irá alejando de la lente y haciéndose cada vez mayor, hasta tomar una estension considerable; coloquemos el objeto en el foco, y en este caso los rayos refractados saldrán sensible-

Fig. 409.

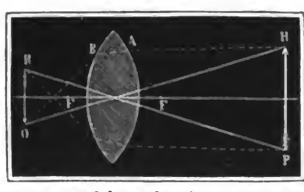
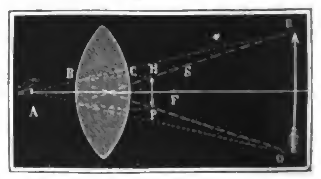


Fig. 410.



mente paralelos á los ejes secundarios, y no se producirá imagen. Coloquemos en fin el objeto entre la lente y el foco (*fig.* 410), por ejemplo en *HP*; tiremos el eje secundario *RS* por el punto *H* del objeto, y supongamos el rayo *HC*, que desde el mismo punto va á parar, despues de refractado, al ojo del observador *A*; este verá la imagen de *H* en la prolongacion de *AB* y sobre el eje secundario, de modo que le verá en *R*, que es donde las dos líneas se encuentran; por la misma razon verá la imagen de *P* en *O* y la del objeto *HP* en *RO*, que como vemos será virtual, directa y mayor que el objeto, y cuanto mas aproximemos *HP* al foco principal y cuanto mas curvatura tenga la lente, será la imagen mayor. A todas las lentes de esta especie se puede aplicar lo dicho de las biconvexas. Las imágenes de estas lentes se reciben sobre pantallas, y así son visibles.

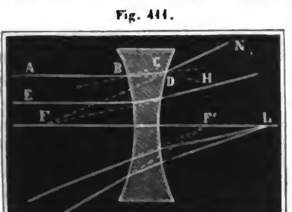
741. Determinacion del foco. Para determinar el foco en las lentes convergentes, se hacen caer sobre ellas los rayos del sol, que serán paralelos, y se recibe la imagen en una pantalla, donde tendremos el foco cuando esta imagen sea la mas pequeña y brillante de todas las que se forman variando la distancia.

742. Aplicacion. Indicaremos en este sitio una aplicacion útil de las lentes. Una esfera de cristal llena de agua, es una lente biconvexa, que reunirá en el foco los rayos luminosos que la atraviesen; por lo tanto, si se coloca delante de una luz artificial, se tendrá al lado opuesto una superficie mas ó menos grande segun la distancia, que estará muy aclarada por reunirse en ella los rayos luminosos que seguirian otra direccion: hemos visto utilizar esta propiedad para trabajar de noche á los grabadores, relojeros y en otros oficios que no re-

quieren tanta luz, como sastres y zapateros; colgando delante de sus luces una esfera de cristal llena de agua, como hemos dicho, aumentan la intensidad de modo que ven perfectamente con la luz de una vela.

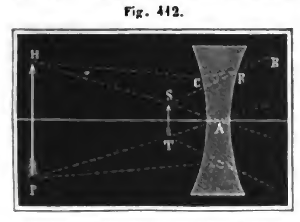
743. Lentes divergentes. Supongamos una lente bicóncava (*fig.* 411), y un rayo *AB* paralelo al eje; este rayo, acercándose á la normal *BC*, seguirá la direccion *BD*, y despues, alejándose de la normal *DH*, seguirá la direccion *DN*, de modo que en las dos refracciones tiende á separarse del eje y deja de ser paralelo á él; por lo tanto, prolongado en *D*, encontrará al eje en el punto *F*; otro rayo *E* producirá el mismo efecto, y vendrá á encontrar al eje, sensiblemente en el punto *F* tambien, y será este punto el *foco virtual*. Supongamos ahora que los rayos salen de un punto *L*; refractados, se alejarán del eje como el caso anterior, y prolongados por la parte que puedan encontrarle, se reunirán en un punto *F'*, que será tambien un foco virtual; de modo que en las lentes bicóncavas no hay mas que focos virtuales. En estas lentes existe, como en las convergentes, el centro óptico, que estará situado y se determinará del mismo modo que en las biconvexas (739).

Fig. 411.



744. Imágenes formadas por las lentes bicóncavas (*fig.* 412). Supongamos un objeto *HP* á cualquier distancia de la lente; desde uno de sus puntos *H* tiremos el eje secundario *HA*, y un rayo *HC*, el cual refractado saldrá en *RB*; prolongando este por *R* encontrará al eje en *S*, donde tendremos la imagen virtual de *H*; del mismo modo encontraremos la de *P* en *T*, y por tanto, la imagen de *HP* estará en *ST*, y será virtual, directa y siempre menor que el objeto. A todas las demás lentes divergentes sera aplicable cuanto hemos dicho de las bicóncavas.

Fig. 412.

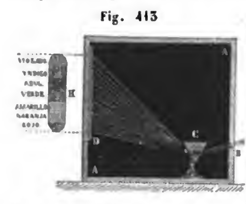


745. Determinacion del foco. El foco en las lentes divergentes se determina lo mismo que en los espejos convexos (728), con la diferencia solamente de que la pantalla *H* (*fig.* 396) no tiene abertura, y los rayos del sol se reciben en la lente por la cara opuesta á donde se coloca la pantalla, que debe ser la cara que no esté cubierta con el cuerpo opaco.

746. Descomposicion de la luz. Supongamos una porcion de rayos solares recibidos sobre un prisma; estos rayos, que forman lo que se llama luz blanca, se refractan, y al salir del prisma producen una imagen mayor que si no se hubieran refractado, la cual no será de un color uniforme, sino que presentará diferentes colores, formando fajas que la atraviesan: para observar este fenómeno de la manera mas conveniente, se dispondrá una habitacion oscura *A* (*figura* 413), con un pequeño orificio *B* de menos de media pulgada de diámetro, por el que deberá entrar la luz del sol; esta se recibirá sobre una cara del prisma *C*, que para estar dispuesto de la manera mejor, deberá tener 60° su ángulo re-

fringente; á una distancia de 6 ó 7 varas, colocaremos una pantalla *D*, y en ella observaremos una imagen *H* larga y estrecha, terminada por dos semicírculos y formada de fajas atravesadas de los colores que vemos en un arco iris, los cuales, empezando por la parte hácia donde se encuentre el ángulo del prisma, estarán dispuestos del modo siguiente: ***rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo*** y ***violado:*** á esta imagen se le da el nombre de ***espectro solar***, y es de mas ó menos estension segun el cuerpo, diciéndose que un cuerpo dispersa mas la luz, cuando produce un espectro mas largo. De aquí se deduce que la luz al atravesar el prisma se descompone, es decir, que sus rayos, refractados con diferente ángulo, se separan reuniéndose en diferentes puntos los de naturaleza distinta, y á esto se llama ***dispersion de la luz***, la cual prueba que se compone de rayos distintos en color y en ángulo de refraccion, que reunidos formaban la luz tal como se nos presenta, llamada luz ***natural ó blanca;*** y es teoría admitida por todos los físicos, que la luz blanca no es simple, sino compuesta de diferentes colores, esplicándose así el fenómeno de la dispersion. La luz artificial presenta el mismo fenómeno, pero en su espectro suelen faltar algunos colores, y los que existen son menos intensos, predominando alguno de ellos, que es el mismo que se observará mas estendido en la llama. Los colores del espectro no están cortados por una línea bien marcada, sino que se van desvaneciendo, produciéndose las mezlas de los dos colores inmediatos en todos los tonos del uno al otro; pero tomando el ancho de la faja de cada color entre las líneas en que domina, se observa una estension diferente, que podremos marcar del modo siguiente: siendo la mas ancha la del color violado, siguen la azul, amarilla, verde y roja, que aunque no iguales se diferencian poco, y despues índigo y naranja, que es la mas estrecha; pero el ancho de estas fajas varía con el cuerpo que refracta, y en algunos bastante sensiblemente, así como tambien la estension del espectro, pero no los colores ni el orden en que los hemos indicado. Se ha tratado de descomponer los rayos de diferentes colores que forman el espectro, haciéndolos pasar solos por otros prismas, pero no se ha logrado la nueva descomposicion intentada. No están de acuerdo los físicos sobre el número de rayos que pueden llamarse simples, admitiendo algunos solo tres, que son el ***rojo, amarillo*** y ***azul***, suponiendo todos los demás rayos compuestos de las mezclas que de estos tres resultan: en efecto, observando el espectro, vemos entre el rojo y el amarillo el color ***naranja***, que puede formarse con los dos, y para ello no hay mas que reunir rayos de estos dos colores tomados en el espectro, lo que se consigue haciendo orificios en la pantalla donde se encuentran las bandas de estos colores, y reflejando los rayos que pasan, para reunirlos en un punto; hecho esto encontraremos el naranja mas ó menos intenso segun los rayos que se reunen de cada color: entre el amarillo y el azul está el verde, que se puede formar tambien reuniendo rayos de estos dos colores; y finalmente, entre el azul y el fin del espectro, donde empezaría de nuevo y tendríamos el rojo, están los dos colores índigo y violado, que no son mas que el azul con mas ó menos rojo: por esta razon se puede suponer que los rayos de cada color de los

Fig. 413



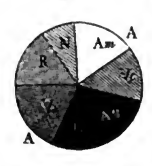
tres supuestos simples, se refractan con alguna desigualdad y vienen á mezclarse y formar los colores intermedios; por ejemplo, unos rayos amarillos algo mas refractados que los demás de su color y otros azules menos, vienen á reunirse y formar la luz verde: se contesta á esto, que un rayo verde tomado del espectro no se puede descomponer en azul y amarillo por nuevas refracciones, y que una luz verde formada con rayos tomados del espectro azules y amarillos reunidos, puede volverse á descomponer en sus dos elementos por medio de una nueva refraccion; por nuestra parte diremos que no nos parece concluyente esta observacion, porque es indudable que los rayos de un mismo color no se refractan formando exactamente el mismo ángulo, pues si así fuera no nos presentarian mas anchas fajas en el espectro que el diámetro del orificio que recibe la luz: supongamos pues un rayo verde; si está formado de uno amarillo y otro azul, será porque estos dos se refractan formando el mismo ángulo, y así al hacerlos atravesar otros prismas seguirán unidos como un solo rayo; no así cuando se ha formado el verde con dos rayos tomados en el espectro, uno amarillo y otro azul, separados, pues en este caso es evidente que estos se refractan desigualmente; luego si despues de reunidos se vuelven á refractar, volverán á separarse, como es natural: no concluiremos de aquí que se pueda afirmar el que sean tres ni siete los colores simples, pero sí nos parece que segun las razones que se han presentado en contra de cada opinion, y que no es del caso esponer, la cuestion es dudosa y necesita estudiarse. Se han observado tambien en el espectro, rayas negras que dividen los colores en un número considerable de bandas; siete de estas rayas son mas aparentes que las demás, y cambian de posicion si la luz es artificial ó proviene de las estrellas, convirtiéndose en brillantes en lugar de ser negras cuando la luz es eléctrica.

747. Luz blanca. La luz blanca se forma reuniendo los siete rayos elementales, y esto se efectua de varios modos: puede recibirse la luz refractada sobre una lente convergente ó un espejo cóncavo, y poniendo en los focos una pantalla tendremos reunidos todos los rayos, y la imagen nos aparecerá blanca; este efecto se producirá mejor, reflejando los rayos sobre espejos que los reunan en un punto, y se formará tambien luz blanca en él: tambien se producirá el mismo efecto colocando despues del prisma que dispersa la luz, otro igual en sentido contrario; por ejemplo el prisma *A* (*fig.* 414) dispersa la luz, y el *B*, refractándola en sentido contrario, la recompone, y salen los rayos paralelos á los incidentes y de luz blanca: mezclando cuerpos en polvo de los colores del espectro, ó líquidos, se obtiene una mezcla gris bastante blanca: tambien puede hacerse el esperimento del modo siguiente; sobre un disco de carton circular *A* (*fig.* 415) se hacen las divisiones desde el centro, proporcionales al ancho de los diferentes colores del espectro, y en el orden mismo que en él tienen; despues estas divisiones se pintan con los colores que les corresponden, de modo que al violado, mas ancho que todos, seguirá el rojo, próximamente igual al verde; despues del rojo estará el naranja, mas estrecho que todos; y así de los demás: este disco se

Fig. 414.



Fig. 415.



sujeta á un eje y se hace girar con rapidez sobre su centro; la impresion producida por cada uno de los colores en el ojo del que mira no se habrá borrado cuando todos los demás pasan por el mismo punto, y así verá mezclados estos colores, y el disco le parecerá blanco, teniendo sin embargo presente que el blanco no puede serlo completamente, porque los cuerpos absorberán parte de la luz blanca que reciben, los colores no tendrán la intensidad de los rayos luminosos, y además no estarán desvanecidos presentando tintas intermedias, como en el espectro; por estas razones, al mezclar cuerpos de color, sea como quiera, el que resulte será pardo, y no blanco enteramente.

748. Teoría de Newton. Segun Newton, que fué el primero que descompuso la luz, se supone la blanca formada de rayos de los siete colores ya dichos, y que los diferentes cuerpos reflejan todos ó parte de los rayos luminosos simples; si los reflejan todos, el cuerpo aparece blanco; si reflejan algunos absorbiendo los demás, aparecen del color que da la mezcla de los reflejados; si reflejan uno solo, aparecen del color que tenga este; y finalmente, si absorben todos, el cuerpo tiene el color negro: se apoya esta teoría en algunos esperimentos, y tambien en que el color que toman los cuerpos varía segun la luz que reciben, dominando en él la tinta que domine en la luz, pues se observa que un cuerpo alumbrado con una luz pálida aparece amarillento, y si roja, rojizo. Newton ha llamado colores complementarios á aquellos que faltan á un color para producir la luz blanca: como resultado de esta teoria, hay un medio de conocer los colores simples de que se compone el que presente un cuerpo; se pone este en un cuarto oscuro, haciendo que reciba mucha luz; se le mirá al través de un prisma desde la distancia de 5 á 6 pies, y se verá descompuesta la luz que refleje, en solo los colores elementales que forman el compuesto del cuerpo, pues los demás son absorbidos y no reflejados por él.

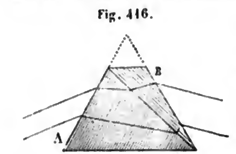
749. Propiedades de los diferentes rayos. Ya hemos visto que los rayos elementales tienen diferente color y se refractan formando ángulo distinto, siendo mayor el de los rayos violados; pero vamos á ver que no son estas solo las propiedades diferentes que poseen. La intensidad de la luz de todos los rayos no es igual; dificil es apreciar exactamente esta circunstancia, pues aunque existen aparatos para medir la luz, que mas adelante daremos á conocer, no son bastante perfectos; sin embargo, segun los esperimentos hechos, se puede concluir que la luz mas intensa es la de los rayos amarillos, y la de menor intensidad la de los violados. El calor de los rayos tampoco es el mismo, pero se ha observado que varía el mayor calor de unos rayos á otros segun el cuerpo de que está formado el prisma, pudiendo concluir de los esperimentos de Melloni, que el mayor calor en el espectro se aleja tanto mas del amarillo hácia el rojo, cuanto mas diatermano es el cuerpo de que está formado el prisma (387), llegando á pasar al rojo si se refracta la luz por la sal gema, que es el cuerpo mas diatermano. Las propiedades químicas son tambien diferentes en los diversos rayos: la luz ejerce grande influencia química en varios cuerpos; da color á algunos, como al cloruro de plata y otros, que hace negros, contribuyendo tambien á la coloracion verde que tienen los vegetales; destruye el de otros cuerpos, en particular los colores de origen vegetal y algunos de animal; determina combinaciones como la del cloro é hidrógeno, y produce todavía algunas otras; pero estas propie-

dades no existen en igual grado en todos los rayos, pudiéndose afirmar, segun las observaciones hechas, que en el rayo violado existe mas enérgica la facultad de producir reacciones químicas.

750. Pérdida de luz por la refraccion. Todos los cuerpos, aun los mas trasparentes, al refractar la luz absorben una cantidad de ella que crece con el grueso del cuerpo, y pueden absorberla completamente si este grueso es suficiente: algunas estrellas que son visibles desde las altas montañas no lo son desde puntos mas bajos, por ser mayor la cantidad de aire que tiene que atravesar la luz en este último caso; los rayos del sol son menos intensos á la salida de este que cuando se encuentra en el zénit, pues la porcion de aire que atraviesan en el primer caso es mayor. Se esplica esta absorcion suponiendo que las moléculas del cuerpo que la luz atraviesa, la reflejan en todas direcciones; pero cada cuerpo trasparente absorbe unos rayos mas que otros, y así se esplica que la atmósfera nos parece azul, y un vidrio grueso se nos figura verde.

751. Acromatismo. La dispersion de la luz produce el fenómeno de dar imágenes coloreadas, sobre todo en los bordes, cuando los rayos llegan al ojo refractados por prismas ó lentes; estas últimas, como formadas de una série de prismas de diferente ángulo, producen el fenómeno indicado, al que se ha dado el nombre de *aberracion de refrangibilidad*, siendo esta mas sensible en las convergentes: es fácil darse cuenta de este fenómeno, pues si suponemos que los rayos rojos se reunen en el foco, los violados, que se refractan mas, formarán otro foco á menor distancia de la lente, y entre los dos focos habrá otros cinco de los rayos de diversos colores, los cuales se encontrarán mas separados en las lentes mas convexas. Esta dispersion, que es un defecto bastante grande en algunos aparatos, se remedia hasta cierto punto por medio de lo que se ha llamado *acromatismo*, que es la refraccion de la luz sin dispersion, llamando lentes *acromáticas* las que producen tal efecto. Para darse cuenta del medio empleado para conseguir el acromatismo, supongamos dos prismas *A* y *B* unidos (*fig.* 416): si son de una misma sustancia, producirán el efecto de un solo prisma; pero si el *B* es de una sustancia que disperse mas la luz, se podrá calcular un ángulo que, siendo menor que el del prisma *A*, produzca la misma dispersion que este, y entonces colocados en sentido contrario, formarán una compensacion, que hará salir los rayos de luz paralelos aunque refractados; pero la relacion de los ángulos de *A* y *B* para corregir la dispersion de dos rayos, no es la misma para los demás, y así los dos prismas no acromatizan mas que dos, de modo que seria necesario nuevos prismas para obtener el acromatismo de todos los otros, y esto, además de lo muy difícil en la práctica, haria perder mucha luz, así es que solo se hace para dos rayos, y con este objeto se construyen lentes formadas de dos especies de cristal llamadas *flint-glass*, que es cristal con plomo, y *crown-glass*, que es cristal sin plomo; estos cuerpos no dispersan lo mismo la luz, pues la diferencia entre los índices de refraccion de los rayos estremos del espectro es en el flint-glass 0,0433 y en el crown-glass 0,0246, que es próximamente la mitad; por cuya razon, el primero con un ángulo menor compensará la dispersion del segundo:

Fig. 416.



con estos dos cristales se forman las lentes acromáticas (*fig.* 417) compuestas de una bi-convexa *C* de crown-glass y otra cavo-convexa *F* de flint-glass, y que menos gruesa, reune los rayos dispersados por la primera. En los instrumentos de óptica las lentes están dispuestas para acromatizar el rayo rojo y el amarillo, que son los de mas luz (749). Damos la composicion de estas dos especies de cristales que tantos usos tienen en los aparatos de óptica y tambien en las artes, pues con ellos, coloreados por diferentes cuerpos, se imitan ciertas piedras preciosas.

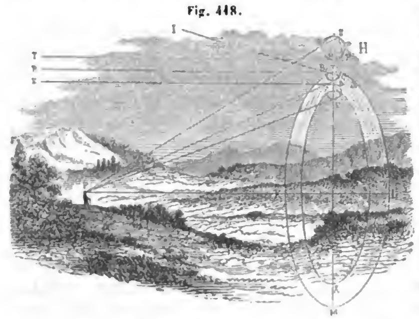
Fig. 417.



CROWN-GLASS.		FLINT-GLASS.	
Acido silícico	62,8	Acido silícico	42,5
Alúmina	2,6	Alúmina	1,8
Cal	12,5	Oxido de plomo	43,5
Potasa	22,1	Cal	0,5
		Potasa	11,7

752. Arco iris. El arco iris es un fenómeno debido á la refraccion de la luz en las gotas de agua que forman las nubes, y es necesario, para que se forme y sea visible, que el sol se encuentre á espaldas del observador y la nube enfrente; y de este modo, parte de los rayos refractados vendrán á producir el fenómeno (*fig.* 418). Supongamos una gota de agua *A* y un rayo *R* que viene del sol; este rayo se refracta dentro de la gota de agua desde *B*, y en el punto *C*, una parte sale y otra sufre la reflexion total viniendo á *D*, en cuyo punto sale al aire y llega a *F*, donde se encuentra una persona para la que es visible el fenómeno; de modo que el rayo incidente *RB* y el emergente *DF* forman un ángulo de desviacion que debe ser de un valor determinado para que el fenómeno sea visible en *F*; pero los rayos de los diferentes colores no forman el mismo ángulo al refractarse, y por esta causa unas gotas podrán hacer sufrir la reflexion total á los de un color y otras á las de otro diferente, y hacerlos llegar á *F*: el cálculo da que á los rayos rojos corresponde un ángulo de desviacion de 42° 2' para producir el fenómeno, esto es, para que los rayos sean *eficaces*, y á los violados corresponde un ángulo de 40° 2'; luego todos los rayos paralelos que salgan del sol y formando un ángulo al refractarse del primer valor vayan á *F*, serán rojos en este punto;

Fig. 418.



pero todos los rayos rojos formarán las generatrices de un cono *AMF*, cuyo vértice será el punto *F*, y por esta razon se vería una banda roja que tendria la forma del círculo *LAKM* si no estuviera cortado en *LK* por la superficie de la tierra, y como se ha de formar desde esta superficie, solo se verá *LAK*, que es la mitad del círculo: por igual razon todos los rayos del sol, como el *E* por ejemplo, que formen en otra gota *U* un ángulo del segundo valor y sean eficaces, formarán otro cono *UXF* de base menor, por lo que tambien se presentarán en una banda semi-circular concéntrica á la roja, que en este caso será violada; entre las dos bandas, que son las formadas por los rayos estremos del espectro, estarán las de los demás colores cuyos rayos son mas y menos refrangibles, y por tanto se formará un espectro solar en forma de arco de círculo con el rojo en la parte superior. Supongamos ahora otra gota *H* mas elevada: un rayo que como el *TO* se refracta dos veces en *P* y *S* dentro de la gota, puede llegar al punto *F* por *NF*, y entonces se producirá otro nuevo arco esterior, no tan claro, y en el que los colores estarán invertidos, y esto es lo que sucede generalmente, pudiéndose tambien formar en mayor número; pero la luz perderá su intensidad en las demás refracciones, y los nuevos arcos no serán visibles. El eje *FZ* de los conos que forman los rayos eficaces, que se llama *eje de division*, será paralelo á la direccion de los rayos del sol, y por tanto, cuando estos sean horizontales á la salida ó puesta de aquel, tambien el eje lo será; pero si el sol se eleva, sus rayos irán formando un ángulo mayor con el horizonte: supongamos que el *RB* toma la posicion oblicua *IB* de 42° 2′ con la horizontal; el eje *FZ* tomará la posicion *FM*, y el rayo *FD* bajará á confundirse con el horizonte, por cuya razon el arco iris desaparecerá para la persona colocada en *F*, pues se forma en un espacio que no es visible para ella; en cuanto al arco esterior, desaparece del mismo modo para una elevacion algo mayor del sol; por esta causa no aparece nunca el arco iris sino cuando el sol está bajo, esto es, por la mañana ó por la tarde, y no en el centro del dia. Fácil es comprender segun lo dicho, que la luz de la luna puede producir tambien este fenómeno, pero le producirá apenas visible por su poca intensidad: es inútil advertir que en la figura hemos exajerado la dimension respectiva de las gotas ó vesículas de agua, para hacer visible en ellas la marcha de los rayos.

753. Doble refraccion. Los cristales de algunos cuerpos tienen la propiedad de producir dos imágenes de un objeto, ó lo que es lo mismo, de producir dos rayos refractados para uno solo incidente (732). Los cristales romboédricos de espato de Islandia, ó cal carbonatada, son los que poseen esta propiedad mas marcadamente, pero tambien la tienen otros cristales y en este caso se llaman *bi-refringentes:* colocado el cristal sobre una línea trazada en un papel, se verán dos líneas bastante separadas; pero si se hace dar vuelta al cristal, se observa que no aparece mas imagen que una, de la línea trazada; si se continúa dando vuelta, empiezan á aparecer las dos imágenes hasta que llegan á un máximo de separacion, desde el cual vuelven á juntarse hasta llegar otra vez á no presentar mas que una sola, de modo que hay una posicion ó dos para los cristales en que la refraccion es simple; y la línea ó líneas trazadas en la direccion en que es simple se llaman *ejes ópticos*, ó ejes de *doble refraccion*, porque en su direccion los dos rayos refractados coinciden en uno solo, dando tambien á los cristales el nombre

de *cristales de un eje ó de dos:* entre los de un eje se cuentan el espato de Islandia, el cristal de roca, la turmalina, el rubí y algunas micas; y entre los de dos el topacio del Brasil, el azucar, aragonita, sulfato de cal y otros. No se confundan estos ejes con los de cristalizacion, que en los cristales romboédricos son las líneas que unen dos vértices opuestos formados por ángulos obtusos: en los cristales de un eje, se llama seccion principal la que resulta de un plano que pasa por el eje óptico y es perpendicular á una cara del cristal. De los rayos refractados en los cristales de un eje, hay uno que sigue las leyes de la refraccion y otro que no las sigue en todas las posiciones del cristal, por lo que se llama al primero *rayo ordinario* y al segundo *estraordinario;* en los cristales de dos ejes ninguno de los rayos sigue las leyes de la refraccion simple en todas las posiciones, pero las sigue uno de ellos en posiciones particulares del cristal. Ronchon ha aplicado la doble refraccion á un aparato que ha llamado *micrómetro de doble imagen,* y puede servir para medir la distancia á que se encuentra un objeto cuyo tamaño se conoce, ó el tamaño cuando es la distancia conocida, y Arago le ha modificado para observar el diámetro aparente de los astros.

754. Polarizacion. La luz adquiere en circunstancias particulares la propiedad singular de no reflejarse, refractarse ni producir la doble refraccion en ciertas direcciones, y á este fenómeno se ha llamado *polarizacion.* La luz puede ser polarizada por reflexion ó por refraccion.

755. Polarizacion por reflexion. Para polarizar por reflexion se hace caer la luz sobre un espejo, que debe ser negro, con el objeto de que no se forme otra reflexion sobre la segunda superficie; siendo este espejo de cristal y haciendo de modo que el ángulo de incidencia sea de 35°, 25', la luz reflejada tiene la propiedad de no reflejarse, ó de ser absorbida, cuando se la recibe sobre otro cristal, bajo el mismo ángulo de 35°, 25', siempre que los planos de incidencia (719) sobre las dos superficies que reflejan, sean perpendiculares, reflejándose sin embargo en las demás posiciones, y siendo el máximo de reflexion cuando los dos planos de incidencia están en una misma direccion. Además, este rayo así reflejado tiene la propiedad de no atravesar un cristal de turmalina si el eje de cristalizacion se coloca paralelo al plano de incidencia; finalmente, si esta luz reflejada se recibe sobre un prisma bi-refringente, no da mas que una imagen cuando la seccion principal es paralela ó perpendicular al plano de incidencia, dando las dos imágenes en toda otra posicion. Si el rayo luminoso no hubiera sido reflejado por el primer espejo, se reflejaria sobre el segundo, se refractaría por la turmalina y daria dos imágenes con el cristal bi-refringente en las posiciones que hemos indicado. No es solo el cristal la sustancia que polariza la luz por reflexion, pero el ángulo que debe formar el rayo incidente con la superficie, el cual se llama *ángulo de polarizacion,* varía para los demás cuerpos, y además no todos la polarizan completamente; entre otros los metales la polarizan muy poco. Los ángulos de polarizacion para algunos cuerpos son:

Agua	37°	15'
Cristal	35	25
Obsidiana	33	30

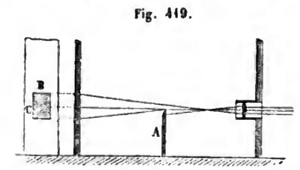
Ambar	33	25
Cristal de roca	32	28
Topacio	31	00
Azufre nativo	29	46
Diamante	22	54

756. Polarizacion por refraccion. Para polarizar la luz por refraccion se hace caer sobre un cristal de caras paralelas con la inclinacion del ángulo de polarizacion: una parte se refleja polarizándose como queda dicho, y la otra se refracta y sale polarizada parcialmente, en un plano perpendicular al de polarizacion por reflexion: haciendo caer la luz sobre varios cristales unidos, que es lo que en este caso se llama una *pila*, puede polarizarse casi en totalidad la luz, pues uno solo no polariza por reflexion y refraccion mas que una parte.

757. Polarizacion por doble refraccion. Por doble refraccion se polariza la luz haciéndola atravesar un cristal bi-refringente; los dos rayos al salir del cristal están polarizados, el ordinario en el plano de la seccion principal y el estraordinario en otro plano perpendicular á este, lo que puede observarse mirando las imágenes que produce la doble refraccion al través de una turmalina que se hace girar.

758. Polarizacion circular. Si se corta un cristal de roca perpendicularmente á su eje, tiene la propiedad de que los rayos polarizados que le atraviesan quedan tambien polarizados, pero en diferente plano del que antes se encontraban polarizados, desviándose este unas veces á la derecha y otras á la izquierda, y en esto consiste lo que se ha llamado *polarizacion circular*. Entre los sólidos, solo el cuarzo produce la polarizacion circular, ó á lo menos no se ha encontrado en ningun otro cuerpo, pero entre los líquidos, ó sólidos disueltos en ellos, hay muchos que producen esta polarizacion, desviando unas disoluciones el plano á la derecha, por lo que han tomado el nombre de *dextrogiras*, y otras á la izquierda, y se han llamado *levogiras:* entre las primeras están las disoluciones del azucar de caña y destrina, y el aguardiente alcanforado, y entre las segundas la de azucar de uva y goma arábiga, y el aguarrás. En esta propiedad ha fundado Soleil un aparato llamado *sacarimetro*, destinado á conocer la cantidad de azucar que hay en una disolucion, y la que contiene del azucar llamado de uva ó incristalizable; pero este aparato es complicado y necesita algunos mayores conocimientos, por eso omitimos su descripcion, como tambien la de otros inventados para producir los efectos de la polarizacion ó para conocer si la luz está polarizada, pues no creemos necesario entrar en mas esplicaciones sobre estos fenómenos, curiosos pero poco estudiados, y muy poco aplicados todavia.

Fig. 419.



759. Difraccion. Si se interceptan una porcion de rayos luminosos por medio de un cuerpo opaco de bordes delgados *A* (*fig.* 419), parte de los rayos se doblan y penetran en la sombra geométrica del cuerpo, de modo que la imagen *B* que forman los rayos, tiene una parte *C*

alumbrada por estos rayos que se han doblado, cuya parte presenta franjas claras y oscuras: este es el fenómeno que se conoce con el nombre de *difraccion*, que se produce cuando la luz penetra por una pequeña abertura, ó se la intercepta en parte con un cuerpo delgado, ó en todos los casos análogos.

760. Interferencias. Cuando dos rayos luminosos se reunen formando un ángulo muy agudo, se observan, recojiéndolos sobre un cuerpo blanco, franjas de luz bastante intensas alternadas con otras oscuras que desaparecen si se intercepta uno de los rayos y se deja solo el otro: á esta accion ejercida por un rayo sobre el otro se llama *interferencia*, y es notable porque la luz añadida á luz produce oscuridad. Este fenómeno y el de *difraccion* (759) pueden esplicarse por el sistema de las ondulaciones (712), habiéndose supuesto en las interferencias que las moléculas del eter vibran de modo que se chocan y pierden su movimiento.

761. Anillos coloreados. Si se reducen á placas muy delgadas los cuerpos en cualquiera de sus estados, se observan unos anillos coloreados mirándolos por reflexion ó refraccion; es visible este fenómeno en la mica, la espuma de jabon y otros muchos cuerpos, y se puede observar en el aire con el aparato preparado por Newton, que consiste en un vidrio plano, que producirá mejor efecto si es negro, sobre el que se coloca otro, con una pequeña convexidad; sujetándolos por medio de un anillo en sus bordes, la capa muy delgada de aire interpuesta entre las dos placas separa una de otra; mirando por reflexion veremos en el centro, donde se tocan los vidrios, una mancha negra y despues varios anillos de colores que van perdiendo su intensidad; observados por refraccion, el centro es blanco, y los anillos tienen colores complementarios de los anteriores: este fenómeno, que se conoce con el nombre de los *anillos coloreados de Newton*, se esplica por interferencia entre los rayos reflejados en la superficie esterior y la interior cuando es por reflexion, y por el mismo efecto entre los rayos refractados y los que se reflejan en el interior, cuando es por refraccion. Por interferencias se esplican tambien otros fenómenos de coloracion que presentan algunos cuerpos, y entre otros las superficies finamente rayadas.

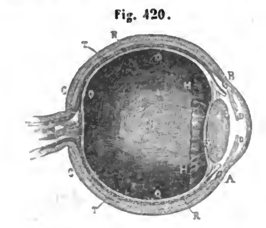
CAPITULO III.

FENOMENO DE LA VISION.

762. Ojo humano. El ojo humano es un perfecto aparato óptico, en el que se produce la vision recibiendo los rayos reflejados por los cuerpos, cuyos rayos pintan el objeto produciendo una sensacion que se trasmite por un nervio especial, y nos hace formar idea de la presencia, color, tamaño, distancia y otras circunstancias del objeto. El ojo está colocado en una cavidad especial huesosa destinada al efecto, que se llama *órbita*, y en la que está sujeto por varios músculos y otros aparatos que sirven tambien para su movimiento; en la parte esterior se hallan los *párpados*, que le cubren y protejen, pero que al mismo tiempo están destinados á mantener húmeda la parte esterior del ojo, para lo cual hay un aparato que segrega el líquido á que damos el nombre de *lágrima*, cuyo aparato,

llamado *glándula lagrimal*, hace llegar este líquido por pequeños canales á la parte interna del párpado superior, y así este en su movimiento reparte el líquido sobre el ojo: el párpado además está terminado por *pestañas*, que parecen destinadas á impedir la entrada de cuerpos estraños en el ojo, así como tambien las *cejas*, que pueden suponerse dispuestas para cambiar la direccion de cualquier cuerpo que bajando por la frente viniera á introducirse en él. Examinemos ahora el aparato de la vision, ó el ojo propiamente dicho (*fig.* 420). Su forma es próximamente esférica, algo saliente por la parte anterior: la membrana que le cubre esteriormente toma el nombre de *esclerótica*, que tambien suelen llamar *córnea opaca* en toda la parte *ACB*, que es en efecto opaca y blanca; tiene esta dos aberturas, una posterior en *C*, y otra anterior *AB* cerrada con la *córnea* propiamente dicha ó *córnea trasparente*, que es otra membrana diáfana unida á la esclerótica: detrás de la córnea se encuentra un diafragma *D* sujeto por sus bordes, que tiene diferentes colores segun los individuos, constituyendo lo que se llama el color de los ojos; este diafragma, llamado el *iris*, tiene en su medio una abertura denominada la *pupila*, que en el hombre es circular, y en los animales suele ser larga y estrecha, en sentido vertical en unos y horizontal en otros; por ella pasan los rayos luminosos al interior del ojo, y varia de tamaño haciéndose menor cuando la luz es intensa, y mayor cuando la luz es débil; detrás del iris se encuentra el *cristalino EF*, que es una lente bi-convexa, de menos convexidad en la parte anterior que en la posterior, y formada de capas concéntricas mas duras en el centro, pero todas de una estrema trasparencia; se encuentra el cristalino colocado en una membrana ó *cápsula* enteramente trasparente, unida al anillo que forma el *processus ciliares H*: el espacio entre el cristalino y la córnea, está dividido por el iris en dos partes, la que se encuentra delante en *D* se llama *cámara anterior*, y la que está detrás en *E* es la *cámara posterior;* estas dos cámaras están llenas de un liquido muy trasparente y algo viscoso; suponen la mayor parte de los anatómicos á este liquido encerrado en una membrana propia trasparente, que tapiza la cámara anterior; detrás del cristalino se encuentra un espacio *N* que forma las tres cuartas partes del ojo próximamente, y está lleno de un liquido trasparente espeso, que toma el nombre de *humor vitreo*, envuelto por una membrana *O* llamada *hialoides;* unida á esta membrana, detrás de ella, se encuentra otra *R* que es la *retina*, sobre la cual se ramifica el *nervio óptico*, que penetra por *S* viniendo del cerebro; detrás de la retina, entre ella y la esclerótica, hay otra membrana *T* negra, delgada y blanda, llamada *coroides*, que viene á formar en la parte anterior los apéndices membranosos *H*, que hemos dicho se llaman *processus ciliares:* en los albinos falta la sustancia que la hace negra. Las dimensiones en milímetros de las diferentes partes que forman el ojo humano son las siguientes:

Fig. 420.



Longitud del eje del ojo...............	22 á	24
Distancia de la pupila á la córnea........		2
Diámetro del iris.....................	11	12

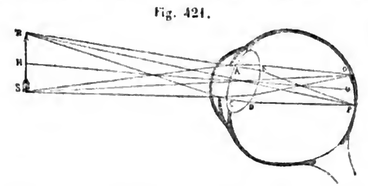
Diámetro de la pupila.................	3	7
Id. del cristalino....................	»	10
Grueso del cristalino.................	»	5
Su radio de curvatura anterior..........	7	10
Id. id. de la esclerótica...............	10	11
Radio de curvatura de la córnea.........	7	8
Grueso de la córnea..................	»	1

Los índices de refraccion (731) de las sustancias trasparentes del ojo son los siguientes:

Humor acuoso................	1,3366
Humor vítreo.................	1,3394
Parte esterior del cristalino......	1,3767
Parte central del cristalino......	1,3990
Indice medio del cristalino......	1,3839

Veamos ahora la marcha de los rayos luminosos en el ojo (*fig.* 421). Supongamos un objeto *RS*, y tiremos desde sus estremos los ejes secundarios *SO* y *RP;* los rayos *RC* y *RA* serán los mas oblícuos que saliendo del punto *R* entren en el ojo, pues otros cualquiera que se desvien mas del eje serán interceptados por el iris, cuyo oficio no solo es dejar pasar mas ó menos rayos, segun hemos dicho, sino interceptar los que pasarian por los bordes del cristalino: estos rayos *RC* y *RA* sufrirán una refraccion en el humor acuoso, y llegarán al cristalino en *C* y *A*, donde refractados saldrán por *D* y *B*, y sufriendo una nueva refraccion en el humor vítreo llegarán á juntarse con el eje en el punto *P* de la retina, cuyo punto será el foco conjugado del *R;* del mismo modo, los rayos que salen de *S* llegarán á *O*, y todos los intermedios sufriendo iguales refracciones formarán una imagen real *OP*, invertida y muy pequeña: de todos estos rayos, el *HU*, que pasa por el centro de la pupila y el cristalino, se llama *eje óptico principal*. Esta marcha que da la teoría puede verse prácticamente con un ojo, adelgazándole la esclerótica en la parte posterior para hacerle trasparente; colocando una luz delante, se pinta invertida, y si se hace con un ojo de conejo albino es mas sencillo el esperimento, porque no tiene coróides negra: pero pintándose la imagen invertida en la retina, no es fácil darse razon de cómo la percibimos recta, pues ninguna de las teorías propuestas es satisfactoria; unos quieren esplicar este fenómeno por la costumbre de ver los objetos invertidos; otros porque viéndolos todos en esta posicion, ninguno nos parece que lo está; otros que referimos el lugar de los objetos á la direccion con que los rayos que emiten llegan á la córnea y no á la retina, y por eso aunque estos rayos se cruzan no vemos invertido el objeto: pero ninguna de estas razones y otras que se han dado pueden satisfacer.

Fig. 421.



763. Angulo visual. Se llama *ángulo visual* el formado por dos líneas que desde los estremos del objeto se juntan en el centro óptico del cristalino: es evidente que este ángulo será tanto mayor cuanto mas próximo esté el objeto, y tambien crecerá el ángulo si el objeto, conservando la misma distancia, aumenta en estension. El angulo visual nos hace apreciar el tamaño de los objetos, pero sin la costumbre y la comparacion, estas apreciaciones serian muy inexactas: la disminucion del ángulo visual con la distancia es causa de que los objetos lejanos aparezcan pequeños, ó en distintas posiciones de las que realmente tienen; por ejemplo, un paseo de árboles ó una galería larga nos parecen mas estrechos cuanto mas distante sea el punto que miremos, una llanura nos parece mas elevada á distancia; una torre vertical se nos figura inclinada; una línea recta, curva; y aun pudieran citarse otras muchas ilusiones semejantes.

764. Angulo óptico. Para ver un objeto concurren los dos ojos, y se lama *ángulo óptico* el formado por los dos ejes ópticos principales (762) que se reunen en un punto sobre el objeto cuando los dos ojos se dirijen á este; el ángulo óptico será mas agudo cuanto mas distante de los ojos está su vértice, ó lo que es lo mismo, cuanto mas lejano está el objeto á que dirijimos la vista: por la disminucion ó aumento de este ángulo apreciamos la distancia de los objetos, y así es que no nos damos razon exacta de las distancias si miramos con un solo ojo: pero cuando estas son considerables, todos los objetos nos parecen juntos, ó no apreciamos con exactitud el tamaño que los separa, porque los ángulos, muy agudos en este caso, varían poco de un objeto á otro. En la apreciacion de la distancia tiene mucha parte tambien la costumbre, y en prueba se citan ejemplos de ciegos de nacimiento que, al recobrar la vista, suponian los objetos en contacto con sus ojos.

765. Vision distinta á diferentes distancias. La vision distinta ó clara se empieza á producir á una distancia mas ó menos grande segun los individuos, pero puede fijarse término medio, para los ojos sin defectos, en 7 á 8 pulgadas; desde esta se presenta clara la imagen, lo mismo de los objetos cercanos como de los que se encuentran á grandes distancias, y sin embargo, los puntos del objeto son los focos conjugados de los puntos en que sus imágenes se pintan dentro del ojo, y por tanto aumentando la distancia del objeto debe aproximarse la imagen al cristalino (738) y no producirse en la retina; y aquí tenemos otro fenómeno de la vision que está por esplicar, á pesar de las muchas teorías inventadas: se ha querido ver en las dilataciones y contracciones de la pupila un cambio de direccion para los rayos luminosos que pasando mas ó menos próximos al centro en el cristalino, encuentran un cuerpo que los refracta de una manera diferente, pues sabemos que el centro del cristalino es mas refringente que los bordes (762); en este supuesto la pupila se abre para ver los objetos lejanos, y los rayos se refractan menos en los bordes y alejan el foco la cantidad que este se acercaría al cristalino, quedando por tanto en la retina: lo contrario sucede cuando los objetos están próximos, cerrándose la pupila; pero la intensidad de la luz varía el diámetro de la pupila, y no es admisible que puedan llenarse los dos objetos á la vez: se ha supuesto por otros que el *processus ciliares* se contrae mas ó menos y adelanta ó atrasa el cristalino; tambien se ha supuesto que el cristalino varía de forma dilatándose ó contrayéndose; algunos han admitido que los

músculos anteriores del ojo aproximan ó alejan la retina del cristalino; y tambien se ha dicho, fundándose en varios esperimentos, que la distancia de los objetos hace variar el foco en el interior del ojo en cantidades tan pequeñas, que no influyen en la produccion distinta de la imagen; finalmente, Sturm ha concluido de sus estudios, que el lugar donde la imagen puede producirse para que la vision sea distinta no es un punto, sino una distancia comprendida en dos límites entre los cuales debe encontrarse colocada la retina, y de este modo, como la distancia del cristalino al foco varía en muy pequeñas cantidades para grandes diferencias de distancia en los objetos, pueden estos encontrarse entre límites muy distantes sin que la imagen se pinte fuera de los en que debe pintarse dentro del ojo.

766. Percepcion de un solo objeto. Otro fenómeno interesante, y esplicado de un modo algo mas satisfactorio que los anteriores, es el de la percepcion de un solo objeto con los dos ojos, pues formándose una imagen en cada uno de ellos, deberíamos percibir dos, y sin embargo no es así: tambien se han formado diferentes hipótesis para esplicar este fenómeno, de las cuales no nos ocuparemos, indicando solo la mas probable; segun esta, salen del cerebro diferentes nervios, ya de la parte derecha ó de la izquierda, y cada uno de estos se divide en dos que terminan en puntos correspondientes de las dos retinas; de este modo, las imágenes producidas en los puntos correspondientes son trasmitidas por el mismo nervio, que al unirse en uno solo, une tambien las dos sensaciones, y no produce mas que una: resulta de esta teoría, que si la imagen de un punto no se pinta en los correspondientes de las dos retinas, deben verse dos puntos, y lo mismo dos imágenes de un objeto, pues se afectarán dos nervios distintos por las imágenes de cada uno, y esto es lo que en efecto sucede, pues si comprimiendo lateralmente un ojo para desviarle de su posicion natural miramos un objeto cualquiera, nos parecerá doble: puede tambien servir de apoyo á esta teoría el efecto que se produce en algunas personas que por mas ó menos tiempo no ven de los objetos mas que una parte; Wollaston y Arago dicen haber estado afectados de la vista de este modo: si uno de los nervios ó una porcion de ellos que provienen de un lado ú otro se paralizan, las partes de la retina donde van á parar ramificados quedarán tambien insensibles, y por tanto el objeto pintado en estas dos partes insensibles no se percibirá. Resultando de lo dicho es tambien que con un ojo la vision no es tan clara como con los dos.

767. Relieve. Estereóscopo. Segun los esperimentos de Weathstone, la perspectiva de los objetos es distinta con cada ojo, pues se refiere á su eje óptico; es decir, que no perciben los dos ojos una imagen exactamente igual del objeto, á la manera que no percibiremos la misma si cambiamos de posicion cuando miramos á un cuerpo cualquiera; esta perspectiva distinta con que cada ojo ve el objeto, es lo que nos hace apreciar el relieve de los cuerpos: fundado en esto, y como prueba de que así se verifica, se ha construido un aparato llamado *estereóscopo*, que vamos á esplicar (*fig.* 422). Supongamos una caja de madera de la forma que indica la figura, y dos dibujos sobre un plano, enteramente iguales colocados en *A*, y miremos desde *B* y *C* de modo que solo se vea uno de los objetos con cada ojo, para lo cual tiene el aparato la tabla *D*, y asi los rayos del dibujo colocado á un lado no pasan al ojo colocado en el otro: el efecto que se produce en este caso es ver una sola imagen mas ó menos cerca, segun los di-

bujos se hayan puesto á menor ó mayor distancia que el punto donde se cruzan los dos ejes ópticos; pero esta imagen será sin relieve, y tal como está dibujada: supongamos ahora que, en lugar de ser los dibujos objetos enteramente iguales, estén pintados con la perspectiva distinta que corresponde á la direccion de cada uno de los ejes ópticos de cada ojo; mirando en este caso por *B C* no solo vemos un objeto, como antes hemos dicho, sino que le veremos en relieve, presentándonos las diferentes figuras con todo su grueso y distancias entre sí, en una palabra, el efecto de objetos de bulto, siendo la ilusion completa y sorprendente si el aparato está bien dispuesto, y sobre todo si las perspectivas están bien preparadas; suelen ponerse siempre en *B* y *C* lentes convergentes que hacen mayores los objetos, y el efecto es mejor: el aparato tiene en *A* un vidrio esmerilado, y si los dibujos están hechos en un cuerpo trasparente, como papel ó cristal, reciben la luz por *A* y se cierra la tapa *E;* pero si los dibujos están sobre un cuerpo opaco, cartulina ó placa de metal, ellos mismos cierran la entrada de la luz por *A*, y la reciben por la parte superior abriendo la tapa *E*, que tambien alumbra por reflexion. Este aparato se dispone de otra manera, haciendo que las imágenes lleguen á los ojos por reflexion (*fig.* 423). Supongamos dos tubos *A* con lentes bi-convexas, enfrente de ellos dos espejos *B*, y enfrente de estos en *C* dos imágenes de un mismo objeto, pero inversa una de otra, y con la perspectiva de cada ojo; las imágenes se retratan en los espejos, que si tienen la conveniente inclinacion las reflejan y llevan á cada ojo por los tubos *A*, sin que se pueda percibir mas que una imagen con cada ojo por la inclinacion de los espejos; de este modo se produce el mismo efecto que con el aparato antes descrito, puesto que se perciben, como en él, dos imágenes separadas con la correspondiente perspectiva, y por tanto, aquí tambien se ve una sola imagen con el relieve natural; los tubos en este caso no sirven mas que para fijar el punto donde se ha de colocar la vista y sostener las lentes, por cuya razon pueden suprimirse y poner solo las dichas lentes en una guarnicion y fijas, á la conveniente distancia. En los estereóscopos se observa tambien, que si se colocan en lugar de imágenes dos discos pintados ó alumbrados con dos colores complementarios, se ve una imagen blanca.

Fig. 422.

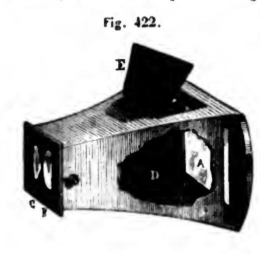
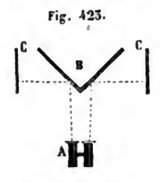


Fig. 423.



768. Tiempo que dura la impresion. La imagen producida por un objeto sobre la retina, no se borra instantáneamente; de modo que el objeto puede cambiar de lugar y verle sin embargo algun tiempo en el mismo: fácil es convencerse de esta verdad, y para ello no hay mas que mover un objeto con rapidez, y veremos una imagen formada por muchos objetos unidos iguales al que miramos; si es un cuerpo en ignicion, veremos una línea luminosa, pues antes que la imagen se borre de la retina ha pasado la luz á otros puntos diferentes, cuya reunion formará la línea que percibimos: el tiempo que dura la impresion en la retina ha sido fijado con variedad, suponiendo unos que dura 1 décimo de segundo y otros mas, llegando hasta fijarle en medio segundo; pero todos convienen

en que la diferente intensidad de luz y color hacen variar la duracion de las impresiones. Muchos aparatos pueden citarse fundados en este fenómeno: el disco de diferentes colores para formar la luz blanca (747) es uno de ellos; Savart se valió de esta propiedad para observar la vena fluida (203); Faraday ha hecho ver que si dos ruedas giran sobre un eje en sentido contrario y con rapidez, mirando de frente á ellas se ve una sola inmóvil y con doble número de rayos que los de cada una; la física recreativa ha hecho varias aplicaciones de esta propiedad, y entre ellas se encuentra el aparato llamado *Fenakisticopo*, formado del modo siguiente: sobre un círculo de carton, á distancias iguales del centro é iguales entre sí, se pintan figuras del mismo objeto en las varias posiciones en que se encuentra para producir un movimiento; por ejemplo, suele ser una de ellas la figura de un herrero con el martillo levantado, y en la inmediata mas bajo, en la otra mas, hasta que se encuentra sobre el yunque, siguiendo las restantes en las posiciones de levantar el martillo hasta llegar á la primera; encima de cada figura se hace una abertura cuadrangular, y despues se coloca este disco sobre un eje: mirando por detrás del disco y por una de las aberturas, colocando delante un espejo, se ven todas las figuras como están pintadas; pero si se da un movimiento de rotacion al disco sobre su centro, se van presentando delante del ojo todas las figuras en las diferentes posiciones, y parece que están ejecutando el movimiento que se ha querido imitar, siendo la ilusion completa; en el ejemplo propuesto se ve al herrero machacar sobre el yunque.

769. Otros fenómenos de la vision. No nos ocuparemos de otros fenómenos que se producen en la vision por ser menos importantes, y algunos no bien esplicados; indicaremos solamente que, segun los esperimentos hechos, la retina tiene partes insensibles, esto es, partes donde las imágenes formadas no producen sensacion, y que á pesar de haberse creido que el ojo era enteramente acromático (751), hoy dia no puede admitirse esta opinion sino para ciertas condiciones en el punto de formacion de la imagen.

770. Defectos de la vista. Un defecto muy comun en los ojos es el de mas ó menos convexidad que la conveniente en la parte de delante del cristalino y tambien de la córnea; si una de estas dos partes es demasiado convexa, los rayos se refractan mas de lo necesario y la imagen se forma antes de la retina, por cuya razon hay que acercar mucho el objeto para que la imagen se aleje y vaya á formarse en la retina: los que tienen este defecto, observado en todas las edades, se llaman *miopes* ó *de vista corta*, y es evidente que se corregirá colocando delante del ojo una lente bi-cóncava, para separar los rayos luminosos antes de entrar en el ojo, supliendo esta separacion á la refraccion mayor que sufren en él. Si la córnea ó cristalino en su parte anterior son menos convexos que lo conveniente, los rayos poco refractados pintan la imagen mas lejos que la retina, y es necesario por tanto que el objeto esté distante; así la imagen se acerca al cristalino y puede pintarse en la retina: los que tienen este defecto, que se produce generalmente con la edad, se llaman *presbitas* ó *de vista cansada*, y se corrije con lentes convexas, las cuales reunen los rayos luminosos en la cantidad necesaria para que la refraccion que despues sufren en el ojo pinte la imagen en la retina. Las lentes deben usarse para este objeto bi-cóncavas ó bi-convexas, pero los rayos que entran por los bordes se refractan demasiado y la vision no es clara

por esta parte; para remediar tal inconveniente se han propuesto lentes cavo-convexas, convergentes ó divergentes, á las que se ha dado el nombre de *periscópicas*. En las lentes se marca un número, que es la distancia al foco en pulgadas generalmente francesas, y se han dispuesto fórmulas para calcular el número que deberá tener la lente para cada individuo, segun la distancia á la cual distingue los objetos con claridad; pero nos parecen poco útiles, pues en general será mas exacto probar lentes de diferentes números y escojer la que mejor convenga. Otro defecto observado en algunos individuos consiste en ver dos imágenes de cada objeto, mas ó menos sobrepuestas, que pueden formarse en los dos ojos, ó en uno; este defecto, llamado *diplopia*, se cree producido por separarse los rayos en alguna parte del ojo y formar las dos imágenes: tambien se ha observado la *triplopia* ó formacion de tres imágenes, aunque la última es muy débil. Los ojos vizcos producen la diplopia mas ó menos marcada, pero en tal caso debe esplicarse por no pintarse la imagen en los puntos correspondientes de los dos ojos á causa de la mala posicion de estos (766): la operacion llamada del *estrabismo* remedia el defecto en este último caso. La *acromatopsia* es una afeccion que produce el efecto de no poder distinguir los colores, ó distinguir solo algunos y confundir otros; se citan varios individuos que han padecido esta afeccion, entre ellos el físico Dalton; por nuestra parte citaremos el de dos hermanos jóvenes que en sus proyectos pintaban los ladrillos de color verde por parecerles de este color el rojo: semejante defecto no se ha esplicado. Ya hemos indicado otro fenómeno (766) que se produce en la vista, y que pudiera llamarse ceguera parcial, reducido á no ver mas que la mitad de los objetos, y tambien hemos indicado la causa. La catarata, nubes, gota serena y otras afecciones producidas, ya en los líquidos del ojo en parte solidificados y perdiendo su trasparencia, ya en los nervios que comunican las sensaciones, son enfermedades de que no debemos ocuparnos.

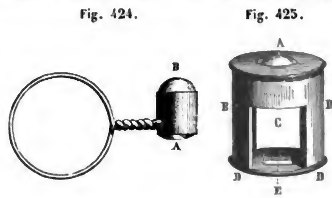
CAPITULO IV.

APARATOS ÓPTICOS.

771. Microscopios. Muchos son los aparatos ópticos fundados en los principios que dejamos espuestos; vamos á examinar los mas importantes y de mayor número de aplicaciones, empezando por el *microscopio*, cuyo objeto es producir las imágenes de los cuerpos mucho mayores que estos, con lo que se logra hacer visibles las diferentes partes que por sus pequeñas dimensiones no pueden apreciarse á la simple vista. Se dividen los microscopios en simples y compuestos, por ser de una ó de mas lentes: los que se llaman simples no son mas que una lente bi-convexa, pues hemos visto (*fig.* 410) que produce una imagen virtual mayor que el objeto, de modo que una lente de bastante convexidad montada en una guarnicion cualquiera, sirve en muchos casos: suele ponerse en un pie, el cual sostiene tambien dos pequeños soportes, el uno para colocar los objetos y el otro para fijar un espejo de cristal ó metálico, que quede girar para ponerle de modo que refleje la luz sobre el objeto, el cual, encontrándose muy iluminado, marcará

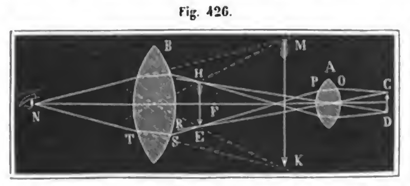
mejor sus detalles; estos microscopios pueden dar un aumento, siendo bien visible la imagen, de **110** á **120** veces el diámetro. Una esferita de cristal llena de agua puede formar tambien un microscopio. Stanhope ha inventado un sencillo aparato, que puede aumentar el diámetro de los objetos de **30** á **35** veces; la *figura* **424** le representa en su tamaño natural: es un cilindro de cristal terminado por dos superficies convexas, de las cuales una *A*, mas chata, se encuentra en el foco de la otra *B*, que es mas convexa; se pega el objeto en *A* y se aplica el ojo á *B* mirando hácia la luz. Una aplicacion del microscopio simple es el *cuenta-hilos* (*fig.* **425**), que sirve para contar cuántos hilos entran en una superficie dada de un tejido; se compone de una lente *A* montada generalmente en un pequeño cilindro *B*, con aberturas laterales *C* para que entre la luz; en la base opuesta *D*, que se encuentra á la distancia conveniente de la lente *A*, tiene este cilindro una abertura cuadrada *E* de la dimension que se quiera tomar por medida, por ejemplo, de media pulgada de lado: este aparato se coloca sobre la tela, y como aumenta el diámetro de los hilos, se pueden contar muy bien y se sabe cuántos entran en la estension del cuadrado; en el ejemplo propuesto, si se cuentan **20** de trama y 18 de urdimbre, estos serán los que entran en media pulgada lineal.

Fig. 424. Fig. 425.



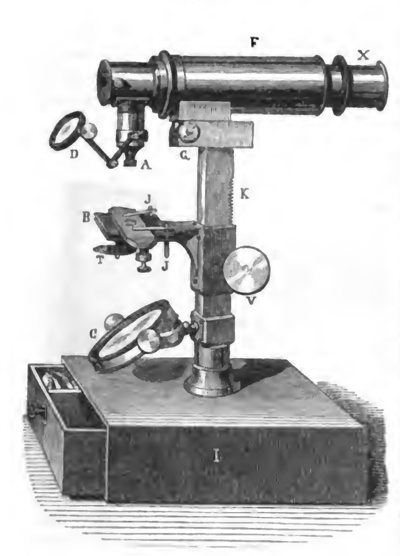
772. Microscopio compuesto. Este microscopio (*fig.* **426**) se compone de dos lentes convergentes montadas en un tubo, una muy convexa *A*, que se aproxima mucho al objeto *CD* y se llama el vidrio *objetivo*, y otra menos convexa *B*, que es la que se aproxima al ojo, y se llama el *ocular:* supongamos el punto *C* del objeto; el rayo *CO* sigue la direccion *OPSTN*, encontrándose con el eje secundario *CR* en *E*, donde tenemos la imagen real del punto *C*, y por la misma razon en *H* la del punto *D*, y en *HE* la imagen invertida del objeto *CD* (**740**), que se pintará entre la lente *B* y su foco *F*, para lo cual está dispuesta la distancia de las lentes *B* y *A:* ahora esta imagen *HE* sirve de objeto para la lente *B*, que es como un microscopio simple, formándose una imagen virtual *MK* en donde los rayos que salen de *E* y *H* y van á parar al ojo, encuentran, prolongados, á los ejes secundarios *HM* y *EK*, de modo que el objeto *CD* recibe dos amplificaciones hasta la imagen *MK*. En estos microscopios se ponen tambien espejos que reflejen luz sobre el objeto por la parte inferior si es trasparente, y por la superior si es opaco, y pueden producir imágenes claras aumentando **550** á **600** veces el diámetro del objeto, lo que da una considerable amplificacion superficial y en volumen. El microscopio que hemos esplicado en teoría ha recibido modificaciones en la práctica, particularmente por Amici y Chevalier, que le han perfeccio-

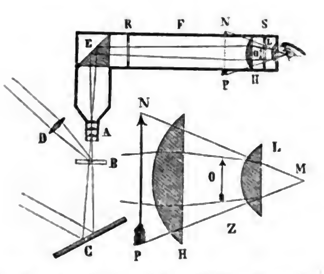
Fig. 426.



nado, resultando el que vamos á describir, que es hoy dia el mejor (*fig.* 427): se compone de un tubo *F*, que puede ponerse vertical ú horizontal por medio de la articulacion *G*, para observar mas cómodamente, y que representamos horizontal; está colocado sobre un pie *K* que entra á tornillo en una caja *I*, la cual sirve para sostener y para guardar el aparato y todos sus accesorios: el objetivo *A* se compone de una lente, de dos ó de tres segun se quiera, pero todas acromáticas; el objeto en *B* recibe rayos que le alumbran por un espejo en *C* si es trasparente, ó por una lente *D* si es opaco: el objeto se coloca generalmente entre dos cristales y se puede poner, ó bien sujeto entre dos planchas que forman el soporte *B*, ó sostenido encima con las piezas *J*: en *T* hay un disco que puede girar sobre su centro, y tiene varios agujeros de diferentes diámetros para colocarlos á la entrada de los rayos luminosos que alumbran el objeto, y hacer que no lleguen á él los muy oblícuos: todo el soporte *B* sube ó baja por medio de una cremallera en *K*, con el boton *V* que mueve un piñon; de este modo se arregla la distancia del objeto segun la focal de las lentes; el tubo *X*, en donde está el ocular, tambien se saca del *F* con el mismo fin de arreglar la distancias de las lentes: los rayos luminosos despues de pasar por *A* encuentran un prisma *E* de cristal, cuya seccion es un triángulo rectángulo, en el cual

Fig. 427.



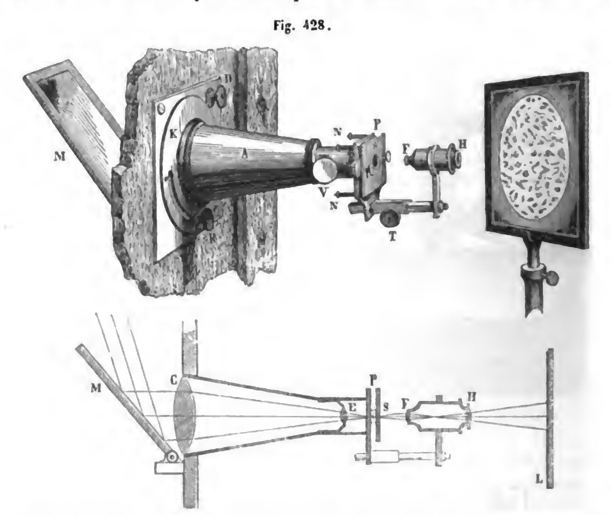


sufren la reflexion total, y se dirijen por el tubo *F* hasta que llegan á una lente acromática *H*, que reune muchos rayos que, demasiado oblícuos, no pasarian por el ocular: esta lente *H* forma en *O* una imagen real, que es la que vista desde *M* por el ocular *L*, que hace el efecto de un microscopio simple, produce una imagen *NP* virtual del objeto colocado en *B*; además, para corregir la aberracion de esfericidad (738) hay anillos *R* y *S* en el tubo, que interceptan los rayos muy oblícuos, y para que no haya reflexion de luz en las paredes interiores del tubo, se hallan

estas pintadas de color negro mate que las absorbe. Todas las lentes pueden quitarse y ponerse por medio de roscas, para aumentar mas ó menos el objeto segun se desee: en *Z* se presentan las lentes *L* y *H* en mayor escala para que se vea mas clara la marcha de los rayos luminosos.

773. Microscopio solar. Otro microscopio que puede presentar las imágenes muy aumentadas sobre una pantalla, es el llamado *solar* (*fig.* 428). Se compone de un tubo *A* que se fija en la pared ó en una ventana, de modo que reciba en la lente *C* los rayos del sol que en el esterior de la habitacion se re-

Fig. 428.

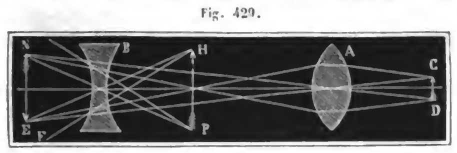


flejan por el espejo *M*, el cual puede moverse lateralmente para recibirlos, con el boton *D* que está unido á un piñon y hace girar el anillo *K*, á que está sujeto: otro boton *R* con el que tambien se mueve un piñon, pone el espejo mas ó menos inclinado con la vertical; y con estos dos movimientos se puede hacer que los rayos reflejados entren por la lente, sea cualquiera la posicion del sol: esta lente *C* recoje los rayos que van á otra lente *E*, la cual los reune en su foco *S*. donde se coloca el objeto entre dos cristales, que se sostienen en el soporte *P* compuesto de dos planchas, la una fija y la otra sujeta á ella por medio de unos resortes *N*; los rayos de este objeto, que está muy aclarado, salen á la lente *F* convergente que los reune, y despues de cruzarse en su foco, van á pasar por otra lente *H* para que no salgan tan dispersos, y de aquí llegan á formar la imagen, invertida y de gran tamaño, en una pantalla *L* situada á la conveniente distancia: el boton *T* mueve el piñon de una cremallera para aproximar mas ó menos la lente *F* al objeto, y el boton *V* mueve del mismo modo la lente *E*. Suele tambien añadirse al aparato un pequeño tubo lleno de agua saturada de alumbre, que se coloca en el interior de *A*, para que al atravesar los rayos luminosos este

alumbre, se enfrien (391) y no quemen el objeto *S*. Si en lugar del espejo *M* se coloca un *heliòstata* (730), los rayos se dirigirán siempre á *C* sin tener que cuidarse de mover el espejo. Se ha sustituido á la luz solar, la producida por la lámpara de Clark (*fig.* 380), haciendo chocar la llama sobre un pedazo de cal; ahora se emplea tambien la luz eléctrica, que daremos á conocer en su lugar correspondiente; en los dos casos el tubo *A* está unido á una caja bien cerrada donde se coloca el aparato que produce la luz. Sobre la pantalla se ha figurado una gota de agua, con una porcion de *infusorios*. El microscopio es de muchas aplicaciones en la industria para reconocer mezclas de cuerpos diferentes y descubrir falsificaciones, en historia natural, en física recreativa y en infinidad de casos, que hacen de él un aparato de la mayor importancia.

774. Anteojo de teatro. Se compone (*fig.* 429) de una lente *A* objetiva convergente, y otra *B* ocular, divergente: supongamos un objeto *CD*; un rayo que sale de *C* se refracta en *A* y forma su imagen real en *E* invertida: pero como este rayo antes de llegar á *E* encuentra la lente *B*, se refracta en *F* y viene á formar una imagen en *H*; el rayo que sale desde el punto *D* forma del mismo modo su imagen en *P*, y por tanto en *PH* hay una imagen del objeto *CD* invertida con respecto á la *EN*, y en la misma posicion que la *CD*, la cual aparece mas cerca que el objeto y amplificada en la cantidad correspondiente á la distancia. Estas lentes se colocan en un tubo negro en su interior, y están dispuestas de modo que puedan aproximarse mas ó menos una á otra para que la imagen se forme en el punto conveniente á la vision distinta, segun la distancia del objeto, aplicando el ojo á la lente *B*: la lente *A* suele ser acromática (751) en los buenos anteojos, y tambien se disponen estos unidos, uno para cada ojo, que toman el nombre de *gemelos*; asi se forma en cada ojo una imagen, resultando de la reunion de dos, mayor claridad. Este ha sido el primer anteojo astronómico, y con él ha hecho Galileo sus observaciones, por lo cual se llama tambien *anteojo de Galileo*.

Fig. 429.



775. Anteojo astronómico. El anteojo astronómico es igual al microscopio compuesto (772); tiene un objetivo que recibe en este caso los rayos paralelos del astro que se observa, y forma de este una imagen invertida en el foco principal; esta imagen se observa con otra lente muy convexa, para que amplifique la imagen que la primera ha producido pequeña, formando esta última lente una imagen virtual tambien invertida, pues se encuentra en la misma posicion que la imagen formada por la primera lente.

776. Anteojo de larga vista. Si se colocan entre las dos lentes del anteojo astronómico (775) otras dos lentes convergentes, de modo que el foco de las dos coincida con el medio de su distancia, resulta la imagen lo mismo que en el anteojo astronómico, pero en su verdadera posicion y no invertida, como hemos dicho que se produce en aquel. Supongamos (*fig.* 430) un objeto á mucha distancia que sea el *CD*; la lente *A* formará su imagen *BE* invertida, la que supondremos en el foco de otra lente *H*; los rayos refractados salen para-

lelos á los ejes secundarios *BO* y *EP* y se cruzan en *F*, en donde está el foco principal de otra lente *N*, que forma una imagen *ST* inversa de la *BE*, y por tanto en la posicion de la *CD*; esta imagen con el objetivo *L* forma la *MR* en la misma posicion que *CD*. Puede servir el anteojo descrito tambien como astronómico, si la lente *L* es bastante convergente.

Fig. 430.

777. Telescopios. Los telescopios sirven para ver los objetos muy lejanos, y en particular los cuerpos celestes; todos los telescopios son de reflexion, es decir, que los rayos del objeto se reflejan una ó dos veces en espejos cóncavos, formando imágenes que se amplifican con lentes convexas; pero se van sustituyendo en el dia á estos aparatos de reflexion los que dejamos descritos de refraccion por las ventajas que ofrecen, desde que se sabe corregir la aberracion de refranjibilidad con las lentes acromáticas (751). Vamos sin embargo á dar á conocer los principales telescopios.

778. Telescopio de Newton. El telescopio de Newton (*fig.* 431) consiste en un tubo *A*, que lleva en el fondo un espejo cóncavo metálico *B* y otro *C* inclinado delante de la abertura *D*, en la que está colocada una lente convexa; los rayos *H* que vienen del objeto paralelos, entran por *E* á reflejarse en el espejo *B* y despues en el *C*, formando en *O* una pequeña imagen que la lente amplifica y hace ver en *R*; en *T* se ha representado la lente *D* en mayor escala.

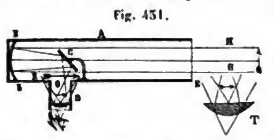


Fig. 431.

779. Telescopio de Gregori. Se diferencia del de Newton en que el objetivo *D* está colocado en un agujero practicado en el centro del espejo *B*, y el *C*, que es tambien cóncavo, está colocado enfrente del *B*, no existiendo por lo tanto el tubo *D*.

780. Telescopio de Herschell. Tiene solo el espejo del fondo *B* algo inclinado; la lente *D* se encuentra colocada enfrente del espejo en la parte *E* de la entrada del tubo, pero dejando el suficiente espacio libre en esta entrada para que pasen los rayos luminosos del objeto al espejo *B*, en el que forman una imagen que se amplifica con la dicha lente.

781. Telescopio de Cassegrain. Es el mismo de Gregori (779), con una pequeña modificacion, que consiste en sustituir al espejo cóncavo pequeño que se coloca enfrente del *B*, uno convexo, con el objeto de corregir la aberracion de esfericidad, porque se forma en sentido contrario en los dos espejos.

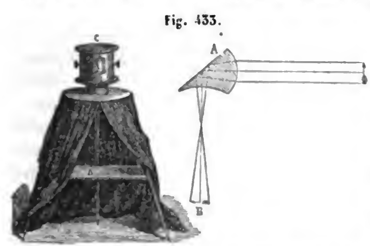
782. Cámara oscura. Si se coloca delante de un objeto una caja cerrada *B* (*fig.* 432) en la que se supone quitada una tabla para que se pueda ver el interior, y con un pequeño orificio *C* que reciba los rayos de este objeto, se formará en el interior en la pared opuesta *N* una imagen invertida del mismo, pues el rayo oblícuo *A* será el que entre para formar su imagen en *E*, y el *D* para formarla en *F*, cruzándose en el orificio; colocada una lente en *C*,

muchos rayos que serían perdidos se refractarán en ella y los recibirá la imagen, resultando por tanto mas clara y mejor dibujada; supongamos ahora un espejo *H* plano, inclinado de 45°; los rayos *AE* y *DF* recibidos por él, se reflejarán en *P* y *R*, y vendrán á producir una imagen del objeto en esta parte, donde podrá colocarse una pantalla á próposito para percibirla, por ejemplo un vidrio deslustrado; este es el aparato llamado *cámara oscura*, que sirve para dibujar los objetos, que se pintan mas ó menos grandes, segun la distancia, en el vidrio *PR* con todos sus detalles y colores, pues no hay mas que seguir con un lapiz el contorno de la imagen formada. Este vidrio ó pantalla donde se pintan los objetos debe estar en la oscuridad, pues de lo contrario la luz esterior, mas viva que la de la imagen, no deja que esta se perciba con claridad y los contornos se ven confusamente: para oscurecerla en lo posible se levanta la tapa *L*, que está unida á dos pequeñas pantallas laterales que no se indican en la figura para poder presentar mas detalles: para alejar mas ó menos el espacio *H* de la lente está la caja formada de dos mitades que entran una en otra: así tambien se recoje y abulta menos para trasportarla. Pueden sustituirse el espejo y la lente con un prisma *A* (*fig*. 433), que tiene una cara convexa donde entran los rayos y se refractan; sufriendo en la cara opuesta plana la reflexion total, y saliendo despues por otra cara cóncava, forman la imagen en *B;* este prisma que está dentro de un cilindro de cobre *C*, y que se mueve en él por medio de unos botones que salen al esterior para que tome la posicion conveniente, puede colocarse en la parte superior de una caja para formar la imagen en el fondo, y tambien puede ponerse encima de un trípode en el que se coloca una tabla *D* á la conveniente altura para que se forme en ella la imagen *B*, cubriendo todo inclu-so el dibujante con una cortina negra; en este caso es un aparato portatil bastante cómodo, y en el que se pintan muy bien los objetos.

Fig. 432.



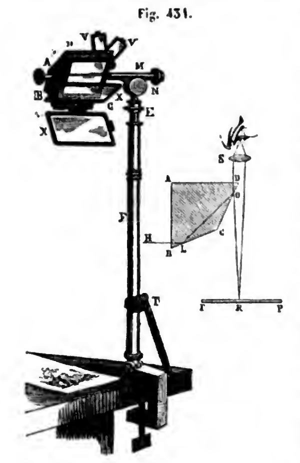
Fig. 433.



783. Cámara clara ó cámara lúcida. Otro aparato que se emplea tambien para dibujar los objetos es la *cámara lúcida* (*fig*. 434), que se compone de un prisma *ABCD* que tiene el ángulo *A* recto, el *C* de 135° y los *B* y *D* de 67 $^{1}/_{2}$; este prisma sostenido horizontalmente en un pie *F*, forma el aparato: supon-

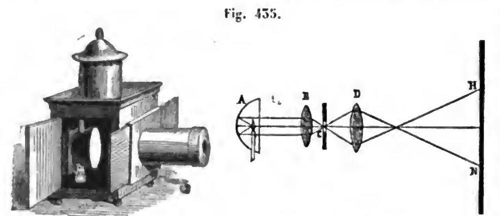
gamos un rayo *HL* que penetra en el prisma perpendicularmente á la cara *AB;* este sufre en *L* la reflexion total y llega á *O*, donde la sufre de nuevo saliendo por *D* hasta el ojo, que prolongará este rayo viendo la imagen en el plano *P:* se concibe segun lo dicho, que si se coloca el prisma de modo que la cara *AB* esté paralela al objeto cuyo dibujo se desea, los rayos vendrán perpendiculares á esta cara, y se producirá una imagen del objeto, que podrá dibujarse en el plano *P* siempre que el ojo se situe de modo que reciba los rayos que salen del prisma, y vea al mismo tiempo la punta de un lapiz en *R*, para lo que es necesario que la pupila esté, mitad sobre el prisma y mitad fuera; suele ponerse una lente *S* para que se reunan mas rayos en el ojo, y al mismo tiempo fija el punto de vista, ó tambien una ventanita sobre una cubierta de su cara *A;* el aparato está dispuesto para sujetarle en una mesa, donde se pone un papel en el que se forma la imagen; el pie *F* se coloca en la posicion que convenga, sujetándole con el apoyo y tornillo *T;* tambien se saca la pieza *E* de *F*, y el prisma del tubo *M*, el cual se mueve sobre el boton *N:* en la cara superior *AD* hay una chapa que cubre el cristal, y en ella un pequeño orificio para mirar, si no se pone la lente *S;* los cristales *V*, que son azules, se ponen sobre su cara *AB*, los dos ó el uno, si la luz es muy intensa y molesta; los *X* se ponen para el mismo objeto entre el ojo y el papel donde se forma la imagen: este aparato es algo incómodo en su uso, y solo tiene la ventaja de ser muy sencillo y de poco bulto.

Fig. 431.



784. Linterna mágica. Este aparato sirve para presentar la imagen de un objeto sobre un plano esterior, muy amplificada (*fig.* 435). Supongamos un espejo cóncavo *A*, en cuyo foco hay una luz: los rayos de esta, saldrán paralelos (724) á encontrar una lente *B* que los reune sobre la imagen *C*, pintada en un vidrio con colores trasparentes; esta imagen así alumbrada se encuentra colocada á una distancia de otra lente *D*, algo mayor que la focal principal; por lo tanto, los rayos que emite vienen á formar una imagen *HN* sobre un plano colocado á la distancia conveniente, cuya imagen será invertida y mucho mayor que el objeto. El aparato se dispone de manera que la luz esté colocada dentro de

Fig. 435.



una linterna cerrada, y en la pared de esta, frente á la luz, se encuentra la lente *B*; un tubo con dos aberturas laterales para introducir el objeto *C*, colocado delante de la lente *B*, lleva en su estremo la otra lente *D*, que puede aproximarse mas ó menos al objeto para que resulte la imagen de diferentes tamaños, y para que se presente derecha se pone invertida en la linterna: es conveniente que la estancia donde se hace el esperimento esté oscura, para que la imagen se vea mas clara. Como se ve, este aparato es exactamente un microscopio solar (773).

785. Megascopo. Si un objeto de bulto bien aclarado se coloca delante de una lente convergente, se producirá el mismo efecto que en la linterna mágica (*figura* 435) con el objeto *C* pintado en el cristal y la lente *D*, formándose la imagen *HN* mayor ó menor segun la distancia de la lente y la pantalla al objeto; este aparato así dispuesto es el *megascopo*.

786. Fantasmagoría. Una linterna mágica ó megascopo montados sobre ruedas para hacer variar la distancia del aparato á un lienzo trasparente, donde se forman las imágenes, y dispuesto tambien para que varíe con facilidad la distancia del objeto á la lente, forma la *fantasmagoria;* para ella se preparan los objetos de modo que se cubran y descubran facilmente, formando variaciones ó movimientos, y las imágenes vistas por la parte opuesta del lienzo, que oculta los aparatos, producen ilusiones vistosas y variadas. Los llamados *cuadros disolventes* son una de estas ilusiones, y se forman con dos aparatos que producen la imagen sobre un mismo espacio; cubriendo uno de los objetos con una pantalla que pasa de trasparente á opaca, y descubriendo el otro con una pantalla dispuesta al contrario, esto es, que pasa de opaca á trasparente, aparece otra imagen diferente en el mismo sitio de la primera.

787. Otros aparatos. No es posible que nos ocupemos de los muchos aparatos de física recreativa que se han dispuesto, ya variando los esplicados, ó ya combinando lentes con espejos y luces bien dispuestas: una estampa ó lienzo pintado con colores vivos y mirada al través de una lente; una pintura de buena perspectiva, ó diferentes pinturas formando los varios términos de un paisage, todo combinado con un efecto de luz bien entendido, forman ilusiones completas y sorprendentes, que han recibido los nombres de cosmoramas, dioramas y otros muchos; la ciencia y el arte combinados producen resultados admirables, tanto por el efecto, como por la sencillez en producirlos.

CAPITULO V.

FOTOGRAFÍA.

788. Fotografía. Hemos dado á conocer la cámara oscura (782), y sabemos que se forman en ella las imágenes de los objetos con toda exactitud sobre un cristal deslustrado ó un papel; pero esta imagen desaparece en el momento que los rayos de luz enviados por el objeto dejan de entrar en la cámara: el fijar estas imágenes de una manera permanente era problema difícil, pero intentado por

muchos, y resuelto en fin en nuestros dias. No podemos ocuparnos de la historia de este descubrimiento, ni menos de los muchos métodos indicados por diferentes fotógrafos para cada una de las operaciones, y de la infinidad de fórmulas que para las diferentes preparaciones se han dado; examinaremos separadamente la fotografía sobre placa ó *daguerreotipo*, sobre papel y sobre cristal, sin hacer mas que ligeras indicaciones de su historia y métodos particulares, pero nos fijaremos en un método con el cual podremos producir las imágenes.

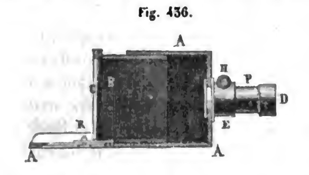
789. Fotografía sobre placa ó Daguerreotipo. Mucho tiempo hace que varios físicos se habian ocupado en resolver el problema de fijar las imágenes producidas por la cámara oscura, valiéndose de la propiedad que posee el cloruro de plata ó el nitrato, de ennegrecerse por la accion de la luz, pero las imágenes no eran permanentes: el francés Niepce desde 1814 se ocupó de esta misma cuestion empleando placas metálicas cubiertas con sustancias resinosas, y especialmente con la llamada bálsamo de Judea: otro francés, Daguerre, se ocupaba tambien del mismo objeto, y unidos en 1826 siguieron juntos sus trabajos; pero viendo que no eran grandes los adelantos, Daguerre emprendió un nuevo rumbo, y algunos años despues de la muerte de Niepce publicó Daguerre en 1839 su secreto descubrimiento, comprado por el gobierno francés, para fijar las imágenes producidas por la cámara oscura sobre una placa de cobre plateada, recibiendo el nombre de *daguerreotipo*, en memoria de su inventor. Vamos á esponer el método de Daguerre, con algunas modificaciones introducidas despues para mayor perfeccion y comodidad en las operaciones.

790. Objetivo. El aparato principal para producir buenas imágenes, es la cámara oscura, y en ella, lo mas importante es la lente ú *objetivo;* sin una buena lente, es preciso desistir del intento de producir imágenes, pues las que resultan nada valen: si han de servir las lentes para producir imágenes de cuerpos inanimados, y sobre todo vistas de mucha estension, deben ser de poca convexidad porque podrán abrazar mayor estension, si bien habrá de emplearse mas tiempo para producirlas por no ser tan intensa la luz que forma la imagen; si han de servir para retratos, la distancia focal debe ser menor, para que la luz mas intensa haga mas rápida la operacion; pero sin embargo, no debe ser tan pequeña esta distancia, que produzca solo en el centro la imagen bien formada; tomando un término medio suelen hacer de 35 centímetros la distancia focal para las placas mayores, y 16 á 18 para las menores; y en cuanto á la estension de la imagen que pueden dar bien marcada, hay la regla siguiente: la distancia focal debe ser doble de la estension de la placa en que se ha de producir la imagen, medida esta estension desde una punta á la opuesta, y el diámetro de la abertura para la entrada de los rayos luminosos, la séptima parte de la distancia focal: con una lente cuya distancia focal sea media entre los números dados, podrán hacerse vistas y retratos, pero un buen fotógrafo no empla nunca este método, pues para obtener buenos resultados es necesario, como hemos dicho, lentes distintas en cada caso; de lo contrario no se hace bien uno ni otro: estas lentes deben ser perfectamente acromáticas, y enteramente limpias de rayas ó cualquier otro defecto; una prueba bastante decisiva para escojer las lentes será colocar delante de la cámara una estampa grabada, bien lisa, puesta lo mas alumbrada posible, y de modo que la imagen se produzca sobre un vidrio deslustrado que lleva la cámara en su parte

opuesta á la lente; se observará si todas las líneas y pequeños detalles se producen con limpieza, y si las líneas rectas que forman el cuadro del grabado, quedan bien paralelas y perfectamente rectas; si esto se verifica, la lente será buena en general, pero lo mejor será ver los resultados que pueden obtenerse, desconfiando desde luego de las lentes que no tienen nombre de autor y que son baratas: los objetivos se hacen de una ó de dos lentes combinadas, teniendo estas últimas la ventaja, en circunstancias iguales, de producir mas pronto la imagen: en todo caso, es necesario poner anillos que formen una abertura que permita solo la entrada de los rayos por el centro, para evitar la aberracion de esfericidad (738).

791. Cámara. La cámara oscura tiene para este objeto alguna diferencia de la que hemos esplicado (782). Se compone (*fig.* 436) de una caja *A*, en la que entra otra *B* cerrada en *C* por un marco en que está colocado un cristal deslustrado para que la imagen se produzca en él; frente á este cristal está el objetivo *D*, que entra mas ó menos en un tubo *E* haciendo girar un boton *H* unido á una pequeña rueda dentada que engrana en unos dientes en *P* del tubo donde está colocado el objetivo. Para preparar la cámara de modo que la imagen se pinte en medio de la placa y con toda la intensidad posible, á lo que se llama *poner en punto*, se coloca sobre un trípode frente al centro del objeto, si lo permiten las circunstancias; despues se hace salir la caja *B*, y cuando la imagen se pinta clara y en el centro del cristal *C*, se sujeta con un tornillo *R* que se mueve en un canal de la tabla inferior; luego se acaba de poner en punto, moviendo el boton *H*: así dispuesta, se tapa el objetivo en *D*, se saca el marco *C* que entra á corredera por la parte superior, y se coloca la placa. El tamaño de estos aparatos varía segun el que hayan de tener las imágenes, llamándose de *placa entera* si pueden contener una de 16 centímetros de ancho y 22 de alto, y de media ó cuarto de placa si las contienen de estos tamaños con respecto á la entera. Las cámaras de tamaño mayor se hacen en el dia formando la caja con un fuelle que se pliega ó estiende, y así puede colocarse á mucha distancia el objetivo, del punto donde se produce la imagen, lo que es necesario para la vista de paisages, teniendo la ventaja además de ocupar poco espacio y poderse trasportar con facilidad: en estas se coloca la placa en su sitio sin mas que presentarla, evitando la corredera, y es mas cómodo: tambien el trípode se sustituye en este caso con un pie resistente, que puede tomar diferentes posiciones por medio de cremalleras. Ya sabemos que la cámara oscura produce las imágenes invertidas, lo que es un inconveniente en muchos casos, pues en los retratos, por ejemplo, una marca en el lado izquierdo sale en el derecho; para producir la imagen en la posicion natural se ha hecho uso de un espejo, y tambien de un prisma rectangular colocado delante del objetivo; pero como es mucha la pérdida de luz y es por tanto necesario mas tiempo, se usa solo cuando es absolutamente preciso, y así los aparatos no suelen tener esta adicion.

Fig. 436.

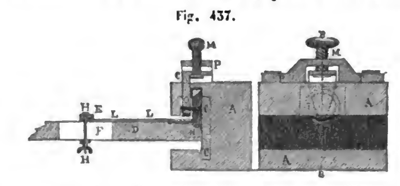


792. Placas. Las placas son de cobre plateadas por una cara por el mé-

todo del plaqué, ó por el de la galvanoplastia, y se encuentran en el comercio ya preparadas: en otro lugar veremos el plateado por el segundo método.

793. Doblar los bordes. La primera operacion es la de doblar los bordes, para que el bruñido de la placa sea despues mas facil, y no se destruyan las almohadillas que para ello se emplean: puede hacerse la operacion de doblar los bordes sujetando la placa sobre una mesa, con la parte que se ha de doblar al aire, y pasando por esta parte una barra de un cuerpo duro y liso, pero hay aparatos para hacer esta operacion facilmente; vamos á describir el mas cómodo, advirtiendo que en todos los aparatos daremos á conocer el que nos parece mejor, en la imposibilidad de presentar los muchos que se han inventado. La *figura* 437 representa el aparato en la cuarta parte de su tamaño natural, á la derecha, vista

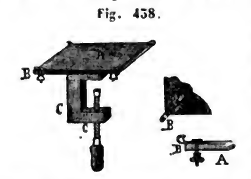
Fig. 437.



de frente, y á la izquierda en corte por la línea *B*; la *A* es una pieza de madera fuerte con una canal en que entra el liston *C*, unido á la cabeza de una tabla *D*; sobre esta se coloca la placa *L* cara arriba, sujetándola contra el liston *C* por medio de la pieza de madera *E*, que se fija con dos tornillos como el *H*, los cuales atraviesan la tabla *D* por dos aberturas largas *F* para poder adelantar ó atrasar á *E*; la tabla *D* tiene un rebajo en *N* forrado con una chapa de hierro para mayor resistencia; la pieza de madera *A*, lleva un soporte *P* de metal, en el que entra el tornillo *M* que hace subir ó bajar la pieza tambien de metal *O*, que sostiene en su estremo una rueda de hierro acerado *R* cónica, sostenida por un eje fuerte: colocada la placa *L* en su sitio, se hace correr el aparato sostenido por la pieza *A*, y dirigido á lo largo por el liston *C*, y la rueda *R*, que se habrá bajado lo necesario por medio del tornillo *M*, comprime la placa contra el rebajo *N*, y dobla su borde á la primera ó segunda vez que se hace la operacion.

794. Bruñido. Doblados ya los bordes, la operacion siguiente es bruñir la placa, y para esto se coloca en un aparato (*fig.* 438), que consiste en una tabla *A* forrada de paño, del tamaño de la placa, que tiene en sus ángulos unos gan-

Fig. 438.



chos de metal *B* donde entra la punta de la placa; estos ganchos se sujetan con tornillos que atraviesan la tabla *A* y pueden sacarse mas ó menos; la tabla va unida á un tornillo *C* con el cual se sujeta en el borde de una mesa. Varios son los cuerpos que se han empleado para el bruñido de las placas; producen escelente efecto el *trípoli*, la *tierra podrida* y el *rojo de Inglaterra* que se encuentran facilmente en el comercio; estos cuerpos tienen que estar en polvo impalpable, obtenido por el agua (22), y se guardan en botes de carton cerrados con una tapa terminada por una gasa que sirve de tamiz al echar el polvo sobre las placas; poniendo además otra tapa encima, se tiene una caja muy cómoda. Si la placa está muy puerca, ó ha servido antes, se usa el trípoli primero, si no bastan los otros dos; en el primer caso se echan sobre la placa unas gotas de aguarrás y se

espolvorea con el trípoli, frotando encima con un copo de algodon en rama suavemente y formando círculos; luego se repite lo mismo con alcohol y tierra podrida, ó se empieza por esta operacion si la placa está en buen estado: cuando se ha secado el alcohol se espolvorea en seco con el rojo y se frota con una almohadilla de gamuza muy suave (*fig.* 439) en direccion contraria á la que ha de tener la imagen, y despues se vuelve á frotar sin el rojo con otra almohadilla igual pero limpia, y en la misma direccion que antes: la placa estará suficientemente bruñida si no presenta ninguna mancha ni raya á cualquier luz que se la mire, y si tiene un color negro igual, mirada convenientemente; conviene frotar la placa con la almohadilla limpia al ir á hacer las operaciones siguientes si estaba bruñida algun tiempo antes: ya bruñida se coloca en el marco *A* (*fig.* 440), cerrando encima la tapa, que se sujeta con dos ganchitos, quedando al esterior la cara bruñida; este marco tiene un agarrador en *B* por la parte esterior de modo que se maneja muy bien la placa colocada en él, la cual se encuentra ya en disposicion de recibir la sustancia ó cuerpo sobre que ha de producir su efecto la luz en la cámara oscura.

Fig. 439.

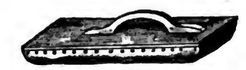
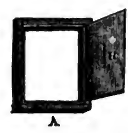
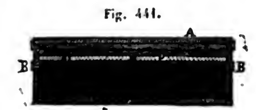


Fig. 440.



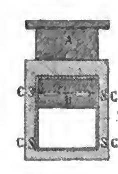
795. Preparacion de la placa. Para colocar la placa á recibir la sustancia impresionable, se hace uso de una caja (*fig.* 441) dispuesta del modo siguiente: es cuadrangular, con una tapa *A* que ajusta bien y se cierra sujetándola con ganchos; además se abre la caja por su mitad *B*, cerrándola tambien con ganchos; en la parte inferior hay dos recipientes ó *cubetas* rectangulares de porcelana *C* y *D*, cada una del tamaño de la placa, y sobre unos muelles de alambre para que, cerrando la caja por *B*, un marco que hay en la mitad superior, las comprima y mantenga bien fijas, y cerradas por medio de unos cristales *O* y *P*, que están sujetos en unos marcos de corredera que se sacan sin abrir la caja; deben tambien estar dispuestos los cristales de modo que descubran enteramente la cubeta, pero que no se saquen por completo para que sea mas fácil cerrar; en estas cubetas se ponen los cuerpos que han de preparar la placa; el que hace á esta sensible á la luz es el *yodo*, pero solo, necesitaría 25 á 30 minutos de esposicion á la luz para producir la imagen, y por esta causa en un principio era imposible hacer retratos; despues se han encontrado otras sustancias llamadas *aceleratrices*, que por sí solas no producirian imagen, pero que unidas al yodo reducen á segundos los minutos de esposicion: muchas han sido las empleadas; elegiremos entre todas la llamada no muy propiamente *cloro-bromuro de cal*. El yodo es un cuerpo que á la temperatura ordinaria produce vapores bastante abundantes, y se emplea sin preparacion; se coloca en el fondo del recipiente *D*, estendido lo mejor posible, y se corre el cristal, y en *C* se coloca lo mismo el cloro-bromuro de cal. La placa colocada en un marco se pone encima de la corredera de la caja, en el espacio que media entre esta corredera y la tapa, de modo que cerrando esta última, y sacando el cristal, queda la placa espuesta á los vapores

Fig. 441.



del yodo, y va tomando color desde el amarillo al azul oscuro, pasando por diversas tintas; y aunque hay varias opiniones sobre el punto en que la placa está dispuesta lo mejor posible, nos parece que lo está cuando tiene un color azul rojizo como *cuello de pichon*, que suele ser entre 8 y 12 minutos de esposicion; para verlo se levanta la tapa y se alza un poco la placa, poniendo una luz detrás y un papel blanco que refleje sobre ella, pues todas estas operaciones deben hacerse con una luz muy debil artificial, desde que se coloca la placa en la caja: cuando la placa está bien *yodada*, sin levantarla, se cierra el cristal de la cubierta que tiene debajo, y se corre sobre la otra cubeta del cloro-bromuro, abriendo el cristal de esta, muchas opiniones hay tambien sobre el tiempo que debe estar la placa espuesta al vapor de esta sustancia, pero nos parece que para el yodo, el color de la placa es la mejor señal, y para el cloro-bromuro la mitad del tiempo que haya estado en el yodo, teniendo presente, que no conviene mirarla en este caso para que la luz no la impresione; en seguida se pasa otra vez al yodo y se la hace recibir sus vapores, tanto tiempo como ha recibido los del cloro-bromuro, y así preparada, y guardándola de la luz, se coloca con su marco, en otro (*fig.* 442), que tiene una tapa *A* corrediza con una articulacion en *B*, de modo que la placa queda hácia esta tapa, que es negra y resguarda perfectamente de la luz: en este mismo marco, al que se sujeta primero el de la placa con unos ganchos *C*, se coloca en la cámara oscura: á este aparato suelen llamarle *chasis*, conservándole el nombre francés; nosotros le llamaremos lo mismo, pues el uso nos autoriza.

Fig. 442.



796. Cloro-bromuro de cal. Antes de pasar adelante, diremos el modo de preparar el cloro-bromuro de cal, y téngase presente que no nos ocuparemos de las reacciones que se producen en esta y todas las operaciones que han de seguir, pues serian inútiles para quien no conoce la química, y además, algunas están por esplicar. El cuerpo que se ha llamado cloro-bromuro de cal se prepara colocando en un frasco, cal apagada, es decir, cal viva que se ha mojado hasta que no toma mas agua; estando bien pulverizada y muy poco húmeda, se echan al frasco unas gotas de *bromo*, agitando despues fuertemente; luego se añaden mas gotas, y se vuelve á agitar, continuando la operacion hasta que toda la cal toma un color rojo vivo; este cuerpo que han llamado bromuro de cal, se puede emplear en tal estado con buen éxito, pero si se quiere convertirle en el cloro-bromuro, que es mas eficaz, se le añade á gotas, como dejamos dicho, cloruro de bromo, y se agita hasta que tome un color de sangre oscuro. No es conveniente respirar los vapores de estos cuerpos, ni del yodo; y por eso se deben tener en frascos bien tapados ó en la caja que hemos indicado (*fig.* 441), si cierra bien.

797. Esposicion á la luz. La placa ya preparada y en el chasis, segun hemos dicho (795), se coloca en la cámara, para lo cual, despues de haber puesto á esta en punto (791), se saca el cristal deslustrado, y en su lugar se pone el chasis; se tira de la corredera *A* y se dobla por *B* cuando ha salido hasta este punto, para que no se cierre; la imagen se forma sobre la placa de este modo, pero los buenos objetivos tienen una pequeña tapa, como hemos dicho, que intercepta la luz hasta el momento que, todo ya preparado y la tabla *A* doblada, se destapa el objetivo y entra la luz á formar la imagen: si el objeto está al sol, bastan 25

á 30 segundos para formarse la imagen; si es un retrato, debe ponerse la persona á buena luz, pero no al sol, que no es posible sufrir sin variar la fisonomía: una luz clara aunque sea en tiempo nublado, puede dar la imagen en un minuto; pero la práctica es la que mejor hace apreciar las circunstancias particulares para medir el tiempo: si ha estado á la luz demasiado tiempo, resulta la imagen cubierta de un velo oscuro, y se dice que está *solarizada;* si ha estado poco, suelen faltar los detalles y la limpieza en los contornos: cuando nos parece que la imagen está formada, se cierra la tapa *A* y se lleva á la oscuridad, donde quitaremos la placa y su marco del chasis, para hacer despues con ella las operaciones siguientes.

798. Caja de mercurio. La placa, en que nada aparece, despues de impresionada por la luz, debe recibir vapores de mercurio, y para ello se coloca en una caja que se ha hecho de varias formas, pero la mas cómoda y generalmente usada es la que vamos á describir, que tiene tambien la ventaja de desarmarse y reducirse á poco bulto (*fig.* 443); es una caja *A* que presentamos en corte, con su tapa *B* que se sujeta por medio de ganchos, y tiene un fondo formado de otra caja *C* terminada en su parte inferior por una plancha de hierro, cóncava en el centro *D*, en el cual hay colocado un termómetro *O* que sale al esterior; esta caja *C*, invertida, se coloca dentro de la *A* cuando no se hace uso de ellas, y abulta poco: unas tablas *N* en cada lado de la caja y unidas á ella de cualquier modo fácil, sirven de pies, que tambien pueden colocarse en el interior para menos bulto; delante tiene la caja una ventanita que se cierra con una puertecilla *E* de corredera: en el fondo de la caja se pone mercurio, y en *A* se pone la placa inclinada como marca *R* para que reciba el vapor, que se forma colocando en *S* una lamparita de espíritu de vino, pero cuidando de que la temperatura marcada por el termómetro, que estará dentro del mercurio, no pase de 60°; muy pronto los vapores van haciendo aparecer la imagen, que estará convenientemente formada á los 5 ó 6 minutos; pero la práctica hace conocer mejor que el tiempo, cuando está concluida la operacion, y para conocerlo, se mira por la ventana *E* cuando es necesario, cuidando de que no reciba mucha luz; esto es mas seguro, pues la lámpara puede dar mas ó menos calor, y además hay, como es fácil de concebir, otras causas que influirán en el tiempo que ha de durar la operacion.

Fig. 443.



799. Baño de hiposulfito de sosa. Cuando la operacion del mercurio ha terminado, se quita la placa del marco y se pone en una cubeta que contiene una disolucion de *hiposulfito de sosa* compuesta de 100 partes en peso de agua pura, ó mejor destilada, y 10 de hiposulfito de sosa cristalizado, y algunos añaden 20 á 25 partes de alcohol; si no se tiene agua destilada, será buena la de lluvia. A poco tiempo de colocada la placa en esta disolucion se ve desaparecer una capa blanquecina que la cubria, y cuando ha desaparecido completamente, se saca y lava en mucha agua; en seguida se coloca en un pie de alambre y con la lámpara de alcohol por debajo se la seca bien, y la operacion está terminada.

800. Cloruro de oro. La imagen obtenida como hasta aquí hemos di-

cho, se borra con facilidad, y para fijarla de un modo mas estable se echa sobre ella, colocada en el mismo pie en que se ha sacado, una cantidad de *cloruro de oro* que la cubra por igual, y despues con la lámpara se calienta por la parte inferior; cuando el cloruro ha producido bastante vapor, pero antes de que se haya secado, se lava la placa en agua, que deberá ser destilada, y se seca con la lámpara como antes se ha dicho. La imagen está con esto completamente terminada, formando los oscuros la parte brillante de la placa, y los claros una especie de polvo blanco que se ha fijado sobre ella. Conviene colocar las placas bajo de un cristal, lo que es fácil, pues se encuentran á poco precio dispuestos para el objeto.

801. Fotografía sobre papel. La fotografía sobre papel no es, como pudiera creerse, una consecuencia ó modificacion de la fotografía sobre placa: es verdad que son contemporáneas, pero si una es debida á Daguerre en Francia, la otra debe atribuirse á Fox-Talbot en Inglaterra, y fácil nos será, comparando los dos métodos, ver la completa diferencia que entre ellos existe: daremos á conocer este invento, repitiendo lo que ya hemos dicho antes: ni nos ocuparemos de todos los métodos y detalles propuestos, ni de la esplicacion dada á las reacciones que se verifican en cada operacion; todo esto seria objeto de una obra especial: pero procuraremos enseñar á producir las imágenes por un método sencillo que da buen resultado. Dos operaciones distintas son necesarias en este método; la primera produce la imagen ó *prueba* llamada *negativa*, es decir, en la que todas las partes que deben ser claras salen oscuras, y al contrario; la segunda operacion tiene por objeto producir con esta imagen negativa, la imagen natural ó *positiva*. Ocupémonos de la primera operacion.

802. Prueba negativa. Papel. Para preparar la prueba negativa es necesario escojer un papel delgado, de pasta muy igual, que mirado á la luz no presente granos ni manchas de ningun género, lo que hace algo difícil el encontrarle; sin embargo, hay papel fabricado espresamente con el nombre de *negativo*, que es francés ó mejor aleman: el papel se corta en pedazos del tamaño que haya de tener cada prueba, sin manosearle, pues los dedos dejan marcas que salen depues; luego se le hace una señal con lapiz en uno de los ángulos, para conocer cuál es la cara que recibe la preparacion, porque de otro modo no se puede distinguir.

803. Primer baño. El primer baño que se ha solido dar al papel, ha sido en una disolucion de nitrato de plata; pero como es necesario despues preservar de la luz el papel en todas las demás operaciones, y como por otra parte no es absolutamente preciso, se debe suprimir, y empezar por el que vamos á esplicar: se coloca en una cubeta de porcelana una disolucion de seis partes de *yoduro de potasio* y una de *bromuro de potasio* en 100 de agua, todo en peso; el agua debe ser destilada ó de lluvia, y si no, lo mas pura posible; se pone el papel encima, de modo que no se moje mas que por una cara, cuidando que no quede aire debajo, pues no se mojará el papel donde le hay; en este baño se tiene dos ó tres minutos, y despues se saca y suspende por una punta, para lo cual es el mejor método doblar un alfiler en forma de gancho, metiéndole por la punta en el papel y colgándole en una cuerda; debe ponerse en la punta opuesta un pedazo de papel de secar que se queda pegado sin mas que arrimarle, con el objeto de

que el líquido que escurre pase al papel secador, y no se acumule en la punta, porque de lo contrario formaría una mancha: esta operacion se hace á la luz, y puede conservarse el papel mucho tiempo, pues aunque toma un color rosado bastante intenso, nada importa.

804. Segundo baño. Cuando está todo preparado para obtener la imagen, hasta la cámara puesta en punto, recibe el papel la preparacion siguiente: se tiene en un frasco, preservado de la luz, una disolucion de 10 partes, en peso, de *nitrato de plata* cristalizado, 15 de *ácido acético* cristalizable y 100 de agua destilada. El papel preparado con el primer baño se moja, por la parte no preparada, con agua pura por medio de un pincel suave, y despues se pega con la misma agua sobre un cristal de igual tamaño que el chasis donde ha de entrar despues; este cristal, para que se pueda manejar bien, debe tener pegada con cola en uno de sus lados una cubierta de piel ó paño, que lleva unida en su medio una asa ó pedazo saliente para poderla agarrar, es necesario poner el cristal sobre un pie de alambre, ó mejor de hierro con tornillos en los apoyos para poderle nivelar bien: pegado el papel sobre el cristal con el agua y alisado bien, sacando el aire que haya quedado debajo con una muñequita de algodon, alumbrándose con luz artificial muy débil, se echa encima la disolucion que antes hemos dicho, de modo que cubra bien el papel, que tomará en seguida un aspecto lechoso, dejándole así hasta que se vea que todo el papel está empapado y trasparente: en esta disposicion se escurre el líquido que pueda tener sobrante, y se coloca en un chasis como el de la *figura* 442, pero con una puertecilla que se cierre sobre el cristal como la del marco *figura* 440: en seguida se lleva á la cámara. Algunos suprimen el ácido acético en la disolucion.

805. Esposicion en la cámara. El chasis se coloca en la cámara lo mismo que hemos dicho cuando tenia placa (797): el tiempo que debe estar espuesto á la luz depende de muchas circunstancias; si es retrato bien alumbrado, bastará un minuto y menos, pero si es una vista y la lente á propósito, serán necesarios algunos minutos, cuyo número puede variar desde 4 á 20 segun la luz, pues en un dia de sol claro la imagen se formará pronto; pero si la esposicion es larga suele secarse el papel, y es inconveniente; la práctica hace conocer el tiempo necesario segun las circunstancias: cerrado el chasis se lleva á la luz débil y se saca el cristal, colocándole sobre el pié que antes hemos dicho, donde debe estar bien horizontal.

806. Aparicion de la imagen. Cuando sale la prueba de la cámara, nada se conoce, pero vertiendo encima una disolucion de *ácido agálico* que la cubra bien, la imagen va apareciendo en seguida: esta disolucion se hace poniendo en agua destilada una porcion de ácido agálico puro; revolviendo el líquido de tiempo en tiempo, toma al cabo de tres ó cuatro dias un color de caramelo, quedando posado el ácido no disuelto; teniendo cuidado de echar sobre el papel la disolucion sin revolver, no hay necesidad de filtrar, y cuando el liquido se acaba, no hay mas que añadir agua. Cuando las partes negras de la imagen estan bien pronunciadas, y antes que las blancas empiecen á oscurecer, se quita el papel del cristal y se pone en agua. La operacion de hacer aparecer la imagen dura mas ó menos tiempo segun las circunstancias, pero como se ve formar, es fácil detenerse en el punto conveniente: si la luz ha

sido viva, la imagen aparece instantáneamente; pero si no, puede tardar bastante tiempo.

807. Fijar la imagen. Lavado bien el papel es menester fijar la imagen: esta operacion se hace poniendo la prueba, sin mas que escurrirla, en una disolucion de 4 á 5 partes de bromuro de potasio en 100 de agua, de modo que se cubra toda; se tiene en este baño 10 á 15 minutos, y se pone luego en agua por espacio de algunas horas; se seca despues entre papeles de secar, y está terminada la prueba que hemos llamado negativa, de modo que en esta imagen, si es un retrato, presentará blanco el pelo y negra la frente, pues la luz reflejada de las partes claras ataca á la sal de plata que el papel contiene, y estas aparecen negras, y la parte negra del objeto, que absorbe la luz, no la refleja sobre el papel, y por tanto esta parte no se ataca; con esta prueba puede formarse un número indefinido de positivas, que es una de las ventajas de este método. El baño de bromuro que acabamos de indicar, puede sustituirse con ventaja por otro de hiposulfito de sosa con 14 á 16 por 100 partes de agua, pues con este baño se blanquean los claros, teniendo cuidado de retirar la prueba para lavar antes de que los negros se ataquen.

808. Encerar la prueba. Obtenida la prueba negativa, es necesario sacar de ella la positiva; pero como esto se efectúa haciendo que la luz atraviese el papel, no será este bastante trasparente aunque se haya escojido muy delgado, y para darle toda la trasparencia posible se emplea la cera: se coloca la prueba entre dos hojas de papel blanco, y se pasa por encima una plancha caliente, sobre la que se ha frotado un pedazo de cera blanca; esta atraviesa el papel blanco, y despues la prueba, que la toma por igual y queda bien penetrada: de este modo se halla dispuesta la prueba negativa para producir las positivas.

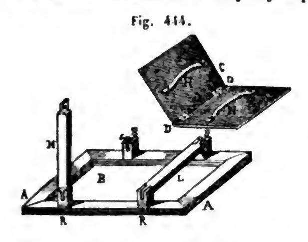
809. Prueba positiva. Primer baño. El papel para la prueba positiva debe ser de una pasta igual y de superficie bien lisa, pero no es necesario que sea delgado; tambien se vende con el nombre de papel positivo: cortado en pedazos, sin sobarle, y marcado como el negativo (802), se le da, solo por una cara, un baño formado del modo siguiente: se pone en agua una porcion de sal comun (cloruro de sodio), hasta que no se disuelva mas; se toman 30 partes de esta disolucion saturada, y se mezclan con 100 de agua: colocado el papel sobre este baño por espacio de tres ó cuatro minutos se saca y cuelga, haciendo todo como hemos dicho para el papel negativo (803); despues de seco puede guardarse un tiempo indefinido: tambien se vende papel preparado con este primer baño.

810. Segundo baño. El papel ya preparado con el primer baño, necesita otro segundo cuando se haya de usar: este se le da por el mismo lado que el de sal, y en la oscuridad, con iguales precauciones que los demas, en una disolucion de 20 partes de nitrato de plata cristalizado y 100 de agua; se seca y guarda en la oscuridad hasta el momento de usarlo, pero no se puede preparar con mucha anticipacion porque es muy sensible á la luz, y hay esposicion de perderle por bien guardado que se conserve.

811. Formacion de la imagen. El papel, preparado como acabamos de decir y bien seco, está dispuesto para producir la prueba positiva: para ello se coloca sobra él la prueba negativa, de modo que la cara del papel en que esta

se ha formado esté en contacto con la preparada del papel positivo; así unidos se colocan en un aparato que los mantenga fijos; el mejor y mas sencillo es el de la *figura* 444, que se compone de un marco *A* con un cristal bien claro *B;* encima de este cristal se ponen las pruebas unidas y de modo que la negativa toque al cristal para que quede fuera: sobre estas pruebas se coloca la tapa *C*, articulada en su mitad *D*, la cual tiene en cada una de sus mitades un muelle de metal *H*, formado de una banda doblada en arco y sujeta por un estremo; la tapa está por debajo forrada de paño: colocada en su sitio, caen los muelles debajo de unos listones *N* y *L* articulados en unas piezas salientes *R* del marco; bajando estos listones como se marca en *L* y sujetos en *S* por medio de ganchos ó clavijas, comprimen el muelle y mantienen las pruebas sin movimiento: tiene la ventaja este aparato de poderse mirar la imagen, pues no hay mas que alzar una de las traviesas y la media tapa correspondiente, y si la prueba no está bien se vuelve á poner como estaba sin que resulte inconveniente; colocadas la prueba y el papel como se ha dicho, se pone al sol por la parte del cristal; los rayos luminosos penetran por las partes claras, que hacen negras, y son absorbidos por las oscuras, que dejan blancas en el papel preparado: debe dejarse *pasar* bien de la luz, para que despues pueda resistir la accion del baño en donde se coloca, es decir, que debe estar bien negra la imagen formada cuando se quita del sol.

Fig. 444.



812. Campo. Cuando está la imagen convenientemente formada, se lleva á la oscuridad y se quita la negativa, dejando la positiva sola, para hacer el campo ó espacio que rodea á la figura, sobre todo si es un retrato; para esto aconsejan que se corte una silueta de papel negro igual á la figura, con la cual se cubre esta y despues al sol se tapa toda la prueba con un carton, y se va descubriendo gradualmente para que forme una sombra degradada que deje claro el lado de la figura que se quiera, es operacion engorrosa el cortar la silueta, y por lo tanto, con un poco de cuidado para no descubrir la figura, se pueden hacer campos de muy buen efecto: si se quiere que resulte completamente blanco, se cubre el de la prueba negativa con una pintura de goma ó cola y negro de humo; si, por el contrario, se quiere todo negro, se recorta la negativa, y al sacar la positiva, como el campo no está cubierto y recibe la accion directa del sol, se pone enteramente negro.

813. Fijar la imagen. Cuando está hecho el campo se lleva á la oscuridad, y se pone en agua, donde se la ve aclararse algo y tomar una tinta particular, y no importa tenerla en este baño aunque sea media hora, pero en la oscuridad; despues se mete, de modo que se cubra enteramente, en una disolucion de hiposulfito de sosa, compuesta de 12 partes de este en 100 de agua, término medio; la imagen se hace roja; pero en este baño se encuentra la dificultad de la operacion: si está muy concentrado y la imagen poco marcada, se la ve desaparecer; pero si la disolucion es la conveniente y la imagen bien pasada, el color rojo se va oscureciendo hasta hacerse negro; por tanto la práctica guia solo en

esta operacion: se aconsejan disoluciones poco fuertes, y diremos que esto depende del grado de intensidad que tenga la prueba; se dice que debe conservarse la disolucion del hiposulfito, pues cuando ha servido varias veces es mejor, pero tambien salen amarillos los claros; en una palabra, estamos por disoluciones recientes y mas ó menos concentradas, sin atenerse al 12 por 100 que hemos dicho: tambien los negros dependen mucho de la concentracion del nitrato de plata en el segundo baño (810), por eso lo hemos propuesto algo fuerte, pero aún puede cargarse mas. Cuando está suficientemente negra, que será despues de una ó muchas horas, se saca y se pone en agua por bastante tiempo para que pierda todo el hiposulfito que pueda tener, despues se seca entre papel de secar y está terminada la prueba.

814. Cloruro de oro. Cuando la imagen se retira del sol y está muy pasada, puede colocarse en un baño de cloruro de oro despues de lavada, que limpia los claros y hace aparecer los detalles de los oscuros; pero el efecto es muy pronto, y si no se cuida de retirarla en el momento oportuno se pierden los detalles de los claros: despues se vuelve á lavar en agua y se pone en el hiposulfito, como hemos dicho; advirtiendo que en este caso, lo mismo que cuando no se usa el cloruro, una vez colocada la prueba en el baño de hiposulfito puede hacerse á la luz, pues ya no la daña. Despues de secar las pruebas, todavia adquieren mas negro con la luz.

815. Ventajas del papel. Las ventajas del papel á la placa son varias; desde luego es una la de poder producir muchas pruebas con una negativa, y además, que estas salgan en posicion natural, pues hemos visto que en la placa resultan invertidas (791); pero en el papel resulta al revés la negativa, y despues sale derecha la positiva por la posicion en que se colocan. Las pruebas en papel son mas cómodas para conservar, y no se borran, teniendo además la ventaja de no reflejar la luz como las de placa, que no pueden distinguirse en todas posiciones; en cambio la placa da imágenes mas concluidas, y las manipulaciones son mas sencillas y limpias, pues las del papel necesitan muchas pracauciones para no mancharse los dedos de manera que sea dificil limpiarlos: diremos de paso que cuando estas manchas son recientes se quitan con el hiposulfito de sosa, ó mejor, si este no alcanza, con una pequeña cantidad de *cianuro de potasio*.

816. Otros métodos. En la fotografía sobre papel existen otros métodos, ya para emplear el papel seco en las negativas, lo que no se ha logrado completamente, ya para hacer que la esposicion al sol en las positivas sea de algunos segundos; tambien se preparan papeles particulares para las negativas: pero no es posible esplicar todos los métodos, pues harían muy largo este tratado de fotografía; además todos los dias se proponen métodos nuevos.

817. Fotografía sobre vidrio. Un adelanto en la fotografía que debe atribuirse á Niepce, sobrino del asociado con Daguerre, es el de producir las imágenes negativas sobre vidrio, evitando los inconvenientes del mal papel negativo y de la poca trasparencia de este, comparada con la del cristal, con la ventaja ademas de producirse imágenes muy limpias, pudiendo tambien aprovechar facilmente las negativas como positivas. Vamos á esplicar el método que hoy dia se emplea mas generalmente.

818. Colodion. Es necesario estender sobre el cristal una capa de la sus-

tancia llamada *colodion*, y por tanto empezaremos por esplicar el modo de prepararle: para ello hay que obtener primero el *algodon-pólvora*, que forma el colodion disolviéndole convenientemente; primeramente diremos cómo se prepara este. Se introduce algodon bien cardado, en una mezcla de 63 partes de ácido nítrico muy concentrado, con 49 de ácido sulfúrico tambien muy concentrado; se tiene 15 ó 20 minutos y se saca, echándole en agua donde se lava muy bien, y se seca despues al aire con precaucion ó al sol: este es el algodon-pólvora. Para formar el colodion se disuelven 4 partes del algodon-pólvora en 80 de alcohol concentrado y 120 de eter, y está formado. Para ponerle en estado de servir en la fotografía, á la cantidad que resulta de las que hemos indicado se añaden 12 partes de alcohol saturado de *yoduro de potasio*, y á la mezcla se añaden 10 partes de *bromuro de cadmio* y se revuelve. Suele tambien usarse con el yoduro solo, y entonces se ponen 25 partes de alcohol saturado con el yoduro.

819. Preparacion del cristal. El cristal para este objeto debe ser enteramente limpio, sin defectos, y es conveniente que tenga raspados los cantos y ángulos que pueden cortar: se le limpia bien, si está muy puerco, con alcohol y tierra podrida, y en este estado, teniéndole en la mano bien horizontal por un ángulo, se echa sobre él la preparacion del colodion, haciendo que se esparza con rapidez é igualdad, escurriendo por una punta el líquido sobrante. En seguida, valiéndose de luz artificial debil, se introduce, con la parte preparada hácia abajo, en una cubeta de porcelana ó guta-percha *A* (*fig.* 445): en uno de sus bordes debe ponerse un pequeño soporte *B*, que puede ser un listoncito de cristal, y quedará hueco debajo y el colodion no tocará al fondo; en esta cubeta se habrá puesto una disolucion de 12 partes de nitrato de plata cristalizado por 100 de agua, y algunos añaden 10 á 12 partes de ácido acético. Para que el cristal esté mas al aire y para poderle sacar, se le sostiene con un gancho *C* de plata ó platino, que se deja en la posicion que marca la figura: en este baño forma el colodion una capa lechosa, y no necesita mas tiempo que un minuto para estar en disposicion de sacarle.

Fig. 445.



820. Esposicion á la luz. Cuando el cristal sale del baño se le seca por la cara que no tiene colodion, y se le pone en un chasis igual al que se emplea en las pruebas negativas en papel (804); despues se lleva á la cámara, y diremos, como en los otros métodos, que el tiempo de esposicion depende de muchas circunstancias, sobre todo de luz y objetivo: en general un retrato con buena luz necesita menos de un minuto.

821. Aparicion de la imagen. Sacado el chasis de la cámara se lleva á la oscuridad y se quita el cristal, sumergiéndole en seguida en un baño de 35 partes de *sulfato de hierro* y 100 de agua con unas gotas de ácido sulfúrico para que la disolucion sea ácida: este baño se da cara abajo y con las precauciones del primero, lo mismo que todos los demás: á poco tiempo la figura se va marcando confusamente, y cuando se conozca bastante, sin que continúe marcándose, lo que se verificará en 1 $^1/_2$ á 2 minutos, se pone cara arriba en un baño de agua y se lava bien; en seguida se pone, tambien cara arriba, en otro baño de hiposulfito de sosa con 12 á 15 por 100 partes de agua; instantáneamente se ve desaparecer toda la capa que cubre el cristal en las partes que han de ser oscuras, y

cuando están bien limpias, que será al minuto poco mas ó menos, se saca y lava muy bien en agüa: como los oscuros de la imagen se hallan marcados por las partes limpias del cristal, poniendo debajo un cuerpo negro, papel ó terciopelo, se tiene una imagen positiva; en este caso, para hacer mas permanente la imagen se echa encima un barniz trasparente cualquiera, que se cuida de estender bien y escurrir el sobrante por una punta, dejándolo secar fuera del polvo: pero si se destina á prueba negativa es necesario darle otro baño, porque las partes blancas de la imagen no interceptarian bien la luz: este baño que se da despues de lavar cuando sale del de hiposulfito, y sin que se seque, como en el caso de dejarla para positiva, se compone de 3 partes de *sublimado corrosivo* y 100 de agua; la imagen se pone al instante negra, y no será buena prueba si no queda con un negro intenso, que puede reforzarse en caso necesario en una disolucion de *sulfhidrato de amoniaco*. Con estas pruebas se sacan escelentes positivas por el mismo método que en el papel (811), llevando mucha ventaja las obtenidas con el cristal, como es fácil preveer. En lugar de sulfato de hierro puede emplearse, como en el papel, el ácido agálico.

822. Albúmina. Antes de emplear el colodion se hacia uso de la clara de huevo ó *albúmina*, y aunque no tan buen método, vamos á indicarle por la facilidad con que se obtiene en cualquier parte esta sustancia, que sustituye al colodion. Se ponen las claras de huevo en un plato y se echan cuatro ó cinco gotas por cada una de la disolucion saturada de yoduro de potasio, y puede añadirse el bromuro de cadmio como en el colodion (818); se bate bien hasta que todo se reduce á espuma, y despues se deja el plato un poco inclinado y la espuma se va deshaciendo y reuniéndose el líquido resultante en la parte baja, de donde se recoje para usarle echándole encima del cristal, ó en baño como las demás disoluciones, siguiendo despues el mismo método que dejamos espuesto como si se empleara el colodion: la clara de huevo no es tan permanente, y es muy fácil que se formen grietas, sobre todo si el tiempo está seco y caliente: el colodion tiene sobre la albúmina muchas ventajas.

823. Otros métodos. Tambien hay diferentes métodos y baños para la formacion de imágenes en cristal, y pueden hacerse retratos con la esposicion á la luz de uno ó dos segundos; pero repetimos que no es posible entrar en tantos detalles.

824. Grabado. Se hacen grandes esfuerzos para convertir en planchas grabadas las pruebas fotográficas sobre metal ó piedra; se han logrado ya muy buenos resultados, pero hay en ello todavía bastante que estudiar, y mucha parte de secreto en los detalles de las operaciones.

825. Daguerreotipo panorámico. Se ha construido una cámara oscura para producir las imágenes de bastante estension, que tiene el fondo semicircular, y el objetivo tiene movimiento sobre un eje vertical; puesta la placa preparada y adaptada á la forma circular del fondo, se coloca el objetivo de modo que lleve la luz á un estremo de la placa; despues se le va haciendo mover pausadamente para que la vaya llevando á todo el resto de la placa, con lo que se logra producir la imagen de una grande estension, por ejemplo de un paisage, pero es dificil sacar buenas pruebas por este método.

826. Daguerreotipo para el estereóscopo. Una aplicacion re-

ciente de la fotografía es la de producir imágenes para el estereóscopo (767): se colocan dos cámaras sobre unos ejes sostenidos en los estremos de dos brazos que forman ángulo que puede variar; estas dos cámaras tienen objetivos muy iguales, y producen á un tiempo dos imágenes del mismo objeto con la diferencia del punto de vista, y con los mismos tonos de luz y sombra: generalmente se ponen los ejes ópticos de las dos cámaras formando ángulo de 33 grados. Tambien se ha hecho para el mismo uso una cámara que tiene el objetivo móvil, de modo que produce sobre el fondo la imagen en un punto, y despues haciendo girar el objetivo produce la imagen sobre otro punto del fondo; además puede servir como cámara para una sola imagen: es un escelente aparato, que solo tiene el inconveniente para retratos, de necesitarse doble tiempo de esposicion, pues se producen las dos imágenes una despues de otra.

827. Colorido. Las pruebas en placa se suelen pintar, para lo cual es necesario emplear colores trasparentes, y proceder con mucho cuidado; pero como no todos los colores se pueden hacer con la conveniente trasparencia, y además la placa se presta poco á recibirlos, no se han hecho grandes progresos en este punto: sobre papel es diferente, y puede desplegar un miniaturista toda su habilidad, sirviéndose de la prueba fotográfica solo como bosquejo para su obra.

CAPITULO VI.

ALUMBRADO.

828. Alumbrado. Hemos esplicado ya la llama (449), y sabemos que para producirla es necesario la combustion de un cuerpo á una temperatura superior á 500 grados, siendo tanto mas brillante cuanto mas elevada es la temperatura, y que una llama no será brillante si no tiene cuerpos sólidos interpuestos, el hidrógeno es un gas combustible, pero su luz pálida no puede servir para alumbrar como no contenga carbono, cuerpo tambien combustible, como sabemos, que encontrándose en la llama en estado sólido por descomponerse de su combinacion con el hidrógeno, produce el brillo, que será el mayor cuando los dos cuerpos estén en las proporciones convenientes, sin esceso ninguno de ellos; por esto, el hidrógeno bi-carbonado produce la llama con el brillo mayor, siempre que tenga el oxígeno que necesita para arder. De aquí deduciremos que los cuerpos que produzcan hidrógenos carbonados serán los que se han de emplear en el alumbrado, siendo mas á propósito los que dan el bi-carbonado puro ó menos mezclado con otros gases: estos cuerpos son sólidos, líquidos, ó el mismo gas fabricado para el efecto.

829. Fotómetros. Para poder comparar los combustibles que sirven en el alumbrado, es necesario tener un medio de medir la intensidad de la luz, pero no existe en el dia ninguno que con exactitud pueda darnos la cantidad relativa de luz de dos combustibles; sin embargo, con el nombre de *fotómetros* se han hecho algunos aparatos para este objeto, de los cuales daremos á conocer

dos, que son los que sirven á falta de otros mas exactos. Fundándose en el principio de que la intensidad de la luz decrece con la distancia (716), se ha hecho un fotómetro (*fig.* 446), que consiste en una pantalla de papel ó vidrio deslustrado *A* colocada verticalmente; delante y á igual distancia de esta, se ponen dos listones *B* de un cuerpo opaco, y despues las dos luces *D* y *H* que se quieren comparar, de modo que los listones no reciban luz mas que de una de ellas, para lo cual se interpone una pantalla opaca; las sombras *C* producidas no serán de igual intensidad, pero alejando mas ó menos las luces de la pantalla, se logrará que á la vista lleguen á serlo; midiendo entonces las distancias de las luces á la pantalla, deduciremos la intensidad respectiva; por ejemplo, si la luz *D* está á doble distancia que la *H*, concluiremos que la primera tiene $2 \times 2 = 4$ veces mas intensidad que la segunda: de este fotómetro se hace bastante uso. Otro aparato, debido á Wheatstone (*fig.* 447), consiste en una caja *A* que está atravesada por un eje en *N*, que gira por medio del manubrio *B*; en la parte superior tiene unida este eje, una palanquita que sostiene por su centro la rueda *C* dentada; esta rueda engrana en unos dientes colocados en la circunferencia superior de la caja *A*, de modo que tiene dos movimientos, uno de rotacion sobre el centro de la caja por el manubrio *B*, y otro tambien de rotacion sobre su centro, por engranar en los dientes de la caja: esta rueda tiene unos pinchos salientes en los que se sujeta un pequeño disco negro de corcho *D*, al que está unida una esferita *S* de acero muy brillante. Supongamos dos luces y entre ellas el aparato; cada una producirá en la esferita *S* un punto brillante, y puesta en movimiento por el manubrio *B*, cada punto formará una linea en la forma *L* y *E* por ejemplo, produciéndose este efecto por el tiempo que dura la impresion de cada punto brillante en el ojo (768); acercando mas ó menos las luces se logra hacer que estas lineas sean de igual brillo, y cuando se han llegado á conseguir, se miden las distancias del aparato á cada luz y se calculan, como en el caso anterior, las intensidades inversas del cuadrado de la distancia. En los fotómetros de este género bien construidos, suele estar unido el eje *N* á una rueda dentada colocada en el interior de la caja *A*, y el manubrio mueve otra rueda mayor que engrana con la del eje, y de este modo tiene mucha velocidad la esfera *S*.

Fig. 446.

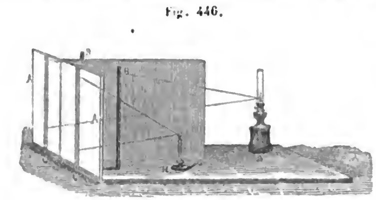
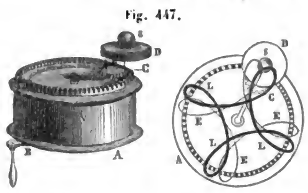


Fig. 447.



830. Alumbrado por cuerpos sólidos. Los cuerpos que pueden emplearse en estado sólido, son los que llenan la condicion de descomponerse por el calor en hidrógeno mas ó menos carbonado, y son sólidos á la temperatura ordinaria; los que tienen estas condiciones son, el *sebo* de diferentes animales, entre ellos el carnero y el buey, la *esperma* de ballena, la *cera*, y los productos

estraidos del sebo y destilacion de grasas. El sebo es formado de varios principios, entre ellos uno aceitoso que le da el olor y poca consistencia que le conocemos; quitado este principio, y descompuestos los restantes, se estraen los llamados ácido *esteárico* y *margárico*, que son sólidos, blancos, sin el olor del sebo, y con muchas ventajas sobre este; de ellos se fabrican las bujías llamadas *esteáricas*. La *esperma* se encuentra entre los sesos de diversos cachalotes, y con ella se fabrican bujías de una hermosa apariencia. La *cera* es producto de las abejas, y se blanquea á la influencia del aire y la luz. No hace muchos años que se estrae de todas las grasas ó productos grasos, un cuerpo sólido con el que se forman bujías mas económicas que las esteáricas, si bien no tan buenas, pero preferibles á las de sebo; este cuerpo, que puede estraerse lo mismo de vejetales que de animales, recibe diferentes nombres, y entre ellos el de *cera vegetal* cuando proviene de cuerpos que pertenecen á esta clase, siendo uno de que se estrae en bastante cantidad el *aceite de palma*. A la química pertenece darnos estos cuerpos en estado de bujías ó velas, y á nosotros, considerarlos en este estado. Los sólidos para arder necesitan una mecha, que es el lugar donde se hace la descomposicion del cuerpo; una vela encendida produce calor para fundir el sólido de que está formada, y en estado líquido sube por efecto de la capilaridad entre las fibras de la mecha hasta el punto donde la temperatura es suficientemente elevada para descomponerle y convertirle en gas, que produce la llama por efecto de esta misma elevacion de temperatura: si el gas formado no encuentra bastante oxígeno para arder, mucha parte de él no arde, produciendo pérdida de combustible, mal olor, y depósito de carbon que ensucia los objetos sobre que se deposita. La mecha ó *torcida* que atraviesa las velas todas, tiene el inconveniente de que es preciso cortarla ó *despavilar* cuando, gastándose la vela, queda demasiado larga, siendo un cuerpo interpuesto en la llama que impide la buena combustion, y da por resultado menos luz y mal olor: en el dia se evita el tener que despavilar en las bujías que no son de sebo, haciendo la mecha trenzada y colocándola en el molde un poco retorcida; de este modo su punta se encorva y sale fuera de la llama cuando está algo larga, y como encuentra aire, se quema y reduce á ceniza. La llama de una bujía que encuentra aire solamente en la parte esterior, presenta siempre en el centro un espacio opaco en que la combustion no se efectua por falta de oxígeno, lo cual es un inconveniente en esta clase de alumbrado.

831. Alumbrado por líquidos. Los aceites llamados grasos son los que se emplean para el alumbrado, y en España solo el de oliva, ó entre la gente pobre, el de pescado: en otros paises se cultiva la *colza* y algunos vegetales mas, que producén buenos aceites para alumbrar. Por mucho tiempo ha sido el aparato destinado á quemar el aceite un recipiente de forma cualquiera, en el que entraba parte de una mecha que por su capilaridad hacia llegar el líquido como en las bujías al punto donde el calor producia la descomposicion, y de este modo ardia; aûn se sigue este método en los antiguos velones, candiles, lamparillas y otros aparatos: pero en ellos la luz no es brillante por falta de aire en el interior de la llama, como sucede en las velas, siendo la combustion incompleta y produciéndose mal olor y tufo. A este método siguió el de las mechas en forma de cinta, ó chatas, pero se remedió poco el inconveniente.

832. Lámparas. Argand estudió el alumbrado por líquidos, y la primera

modificacion importante que hizo, fué producir una corriente de aire en el interior de las llamas, formando la mecha circular; teniendo además en cuenta que la luz no es mas que un hogar donde se quema combustible, ocurrió la adicion de una chimenea para tener la conveniente renovacion de aire sobre la llama, y con esto quedó resuelto el problema de producir luz de mucha intensidad con la misma cantidad de combustible que en los antiguos aparatos la producia débil y con mal olor. Era menester resolver todavía el problema de hacer llegar el aceite á la mecha en la cantidad necesaria, lo que no dejaba de ofrecer dificultades, porque gastándose á medida que arde, su nivel no permanece constante: se colocó primero un recipiente *A* (*fig.* 448) mas alto que la mecha, lleno de aceite, y con un orificio *B*, que pudiera abrirse y cerrarse á voluntad por medio del anillo *C* movido con el vástago *D*; todavía se usan bastante estos aparatos á pesar de lo incómodo que es el tenerlos que arreglar continuamente, pues si está abierto el orificio *B* por mucho tiempo, se sale el aceite, y si cerrado, se apaga cuando baja demasiado el nivel en el tubo de la mecha, siendo dificil graduar la abertura de manera que salga tanto como se gasta solamente. Tambien se hicieron las lámparas llamadas de *corona* (*fig.* 449), que consisten en un tubo circular *A* colocado á la altura de la mecha, que comunica con el recipiente *C* de esta por dos tubos *B*; en el recipiente *A* se pone el aceite, y como es de bastante estension, el nivel del líquido baja poco, pudiendo suplir la capilaridad de la mecha á la diferencia de nivel; pero este recipiente quita mucha luz y es incómodo, por eso estas lámparas se usan ya muy poco. Despues se han dispuesto los recipientes de varios modos; el aparato de nivel constante (*fig.* 173), que dejamos ya esplicado (296), es uno de ellos, puesta la mecha en *B* por cualquiera de los medios que despues veremos; es un aparato sencillo y fácil de manejar, por lo que se usa bastante. Otro aparato semejante sería el esplicado (*fig.* 176); la mecha estaría tambien en *B*, pero debería tener una llave en *A* que se pudiera cerrar para llenarle, abriéndola cuando estuviera ya tapado el recipiente *C*; como son mas fáciles de manejar las anteriores, no se han preparado de esta última clase.

Fig. 448. Fig. 449.

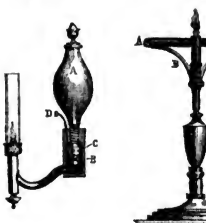
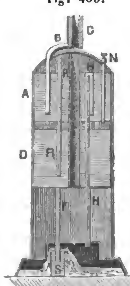


Fig. 450.



833. Lámpara de Girard. Para evitar el estorbo del recipiente se han inventado varias especies de lámparas, en que el aceite está debajo de la mecha. Girard hizo una (*figura* 450), fundada en el principio de la fuente de Heron (291): *A* es un recipiente lleno de aceite en donde entra el tubo *B*, que forma parte del *C* en que va colocada la mecha; otro recipiente *D*, inferior al *A*, está tambien lleno de aceite que baja por el tubo *F* á otro recipiente *E* colocado al pie de la lámpara; á medida que entra en este el aceite del *D*, el aire sale por el tubo encorvado *H* al recipiente *A*, y hace subir el aceite por el tubo *B* á la mecha; hasta aquí es exactamente una fuente de Heron, pero

necesita algunas adiciones; para que el aceite suba á *C* en cantidad igual, es necesario que la presion sea constante entre *D* y *E*, pero á medida que baja el aceite desde el *D* al *E* la columna de presion va disminuyendo, pues baja el nivel en el primero y sube en el segundo; para que esta presion sea siempre la misma se pone el tubo *R* abierto y el recipiente *S*, y con esto la presion es constantemente la de una columna desde el estremo inferior de *R* donde pesa la atmósfera (300), hasta la superficie superior de *S* que está lleno siempre, derramándose en *E* el esceso: esta lámpara se llena echando aceite en el recipiente *D* por el tubo *R*, abriendo el *N* para que salga el aire; despues se cierra y se vuelca la lámpara, en cuyo caso el aceite acumulado en *E* pasa por *H* al recipiente *A*; en *B* debe tener una llave que se cierra para que la lámpara no funcione cuando está apagada: este ingenioso aparato es algo complicado, y por eso es muy poco usado hoy dia; además puede fácilmente derramarse aceite al llenarle, y este es otro inconveniente; los posos del aceite tampoco se pueden sacar fácilmente: no le hemos visto usar en España.

834. Lámpara de Thilorier. La lámpara de Thilorier (*fig.* 451) está fundada en que dos líquidos de diferentes densidades, suben en tubos comunicantes á distinta altura (200): un recipiente *A* contiene una disolucion de sulfato de zinc, y otro *C*, aceite: el sulfato baja por el tubo *C* y hace salir el aceite por *D* hasta la mecha colocada en *E*, y un tubo *F* lleva la presion de la atmósfera á la parte inferior de *A* para que sea próximamente constante y equilibre á la columna de aceite desde el recipiente á la torcida: y como la disolucion del sulfato de zinc es mas densa que el aceite, se equilibran las dos columnas de estos líquidos, aunque la del segundo es mas larga, si están calculadas convenientemente. Para llenar esta lámpara, se tapa el tubo *E* por su parte inferior y se pone en la superior un embudo; echando aceite por él, la presion de este hace subir la disolucion de sulfato al recipiente *A*, llenándose el *B* de aceite; tambien hay que quitar al mismo tiempo el tubo *F* para que salga el aire: esta lámpara es algo complicada, y se necesita renovar el sulfato de zinc con alguna frecuencia, porque se altera y empuerca con los posos del aceite; y es un líquido que aunque no ofrece dificultad su preparacion no se encuentra con la facilidad que el aceite; además, se limpian con dificultad estas lámparas en su interior y pueden obstruirse los tubos: en una palabra, ni esta lámpara ni la de Girard (833) son bastante sencillas y fáciles de manejar, como es necesario que sean los aparatos de que tanto uso se hace y que andan en manos de personas generalmente poco diestras.

Fig. 451.

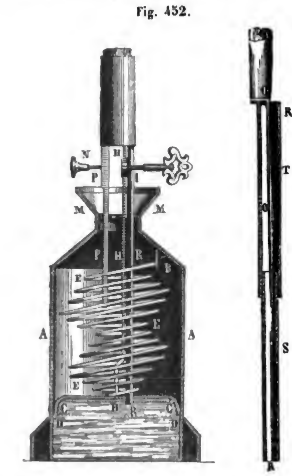


835. Lámpara de Cárcel. Se ha dispuesto por Cárcel una lámpara que hace subir el aceite á la mecha por medio de una ó dos bombitas colocadas dentro de un recipiente que contiene el aceite en el cuerpo de la lámpara; estas bombas se mueven por un mecanismo de relojería muy simplificado, y funcionan perfectamente. Las lámparas de Cárcel son buenas, pero no tan sencillas ni económicas que puedan preferirse á otras: sin embargo, ellas han dado origen á las de resorte, muy usadas en el dia, y que vamos á describir.

836. Lámpara de resorte. En un cilindro *A* (*fig.* 452) se encuentra

colocado un resorte de alambre *E* fijo por un estremo en *B*, y apoyado al otro estremo en un émbolo *C* formado con una plancha de metal y un cuero *D* que se adapta encorvado á la pared del cilindro; en este émbolo está fijo un vástago *H* dentado, y que engrana en un piñon que se mueve dando vueltas á la llave *I*; además, al mismo émbolo se encuentra unido un tubo *R* abierto que se representa aparte en mayor escala, formado de dos trozos, uno *S* unido al émbolo que entra en el otro *T*, fijo al recipiente de la mecha; en el interior de este tubo hay una varilla *O*, sujeta á la parte superior, y que llega hasta el tubo *S* solamente, á la cual se llama ***el moderador***. El boton *N* hace subir ó bajar la mecha por medio de una varilla dentada colocada en *P*. Echando aceite por *M* cae dentro del cilindro *A* sobre el émbolo; en seguida, haciendo girar la llave *I*, sube este y el resorte *E* se comprime entrando unas vueltas en otras, para lo cual tiene la forma que representa la figura, y de esta manera ocupa menos lugar cuando está recojido: al subir el émbolo se produce debajo una disminucion de presion que hace que el aceite comprima el cuero y pase á esta parte inferior, pero una vez entrado en ella, comprime el cuero contra el cilindro por la presion del resorte y no puede subir sino por el tubo *R*, que le conduce á la mecha; este resorte no produce siempre la misma presion, puesto que cuanto mas estendido se encuentre tendrá menos fuerza, y además en este caso es cuando el émbolo se halla mas bajo y el aceite tiene que recorrer una altura mayor desde su nivel debajo del émbolo, por lo tanto no sube de una manera regular, como es necesario para producir una luz siempre de la misma intensidad; para evitar este inconveniente sirve el moderador *O*: el aceite tiene que subir por el espacio que resulta entre la pared del tubo *T* y la varilla *O*; cuando el émbolo está bajo, este espacio es suficiente para que suba el aceite necesario; pero al subir el émbolo, sube tambien el tubo *S* y se introduce en él la varilla *O*, de modo que como este tubo es mas estrecho, la varilla disminuye su seccion y forma un obstáculo para la subida del aceite, que por estas causas asciende con mas dificultad, compensándose así la mayor fuerza que hace el resorte; á medida que se estiende baja el tubo *S*, y la varilla *O* sale de él disminuyendo el obstáculo que se opone á la subida: tanteado el grueso de la varilla y de los tubos, se logra un ascenso del aceite baste uniforme para producir la luz igual; el aceite sube siempre en mayor cantidad que la que se consume, pero se derrama al recipiente *M*, desde donde cae sobre el émbolo y entra debajo de él cuando se le hace elevar; este aceite en esceso es causa de que la mecha se queme mas arriba del borde del tubo que la contiene, lo cual es ventajoso, como veremos despues. Las lámparas de resorte

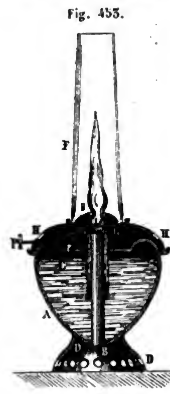
Fig. 452.



producen una luz clara y son fáciles de manejar, por lo que se usan mucho en el dia.

837. Lámpara solar. Otra lámpara moderna, de recipiente inferior, es la llamada *solar* (*fig.* 453). Consiste en un recipiente *A*, en donde se pone el aceite por un orificio *C*; una cubierta *H S H* se coloca encima de la parte superior de este recipiente *A*, dejando espacio para que el aire entre por unos agujeros *H* que lleva en toda su circunferencia, al interior de la chimenea *F*, que va unida á la misma cubierta; la mecha es anular, y recibe tambien aire en su centro por el tubo *B* que le toma en los agujeros *D*; como el recipiente es ancho, baja poco el nivel del aceite, y así puede la capilaridad de la mecha suplir por algunas horas la disminucion de altura; estas lámparas tienen la particularidad de que la cubierta deja paso á la llama por un orificio *S* estrecho; de modo que como tienen que pasar por este orificio el aire que entra por *B* y por *H* y los gases combustibles, se mezclan bien y la combustion es completa, resultando una llama larga y brillante; son por lo tanto estas lámparas de muy buen efecto, teniendo solo el inconveniente de necesitar siempre la mecha bastante larga para que entre en el aceite aunque se encuentre bajo, ó de lo contrario tener que añadir aceite con frecuencia. Para arreglar la mecha hay en *P* un boton para hacer girar toda la cubierta, y en este caso un apéndice *E* que lleva esta, tropieza con alguno de los varios *L* que tiene el anillo, que pone la torcida en movimiento y la hace subir ó bajar.

Fig. 453.



838. Mechas. Las mechas se hacen de un cuerpo fibroso, que forme entre sus hilos conductos capilares por donde ascienda el líquido combustible al punto donde el calor de la llama le descomponga para arder: ningun cuerpo mejor que el algodon llena las condiciones que necesita la mecha, y para que los conductos capilares en ella no estén interrumpidos, ni se deben tejer ni torcer los hilos que la forman, siendo facil comprender que el encerar las mechas ó impregnarlas de un cuerpo cualquiera que las quite su capilaridad, será un mal sistema. La mecha en todas las lámparas se encuentra dentro de un tubo, y de él se saca á medida que se va gastando; pero debe arder solo á la distancia de una línea ó poco mas, de donde sale, es decir, que ha de quedar sin carbonizarse una porcion de ella fuera del tubo que la contiene, pues de lo contrario se calienta este tubo hasta producir la descomposicion del aceite, el cual se marcha sin arder en estado de gas, produciendo mal olor y tufo, habiéndose observado que en tal caso es tambien menos intensa la luz, de modo que se produce peor efecto con mayor gasto de combustible: se consigue que la mecha no arda hasta el borde del tubo que la contiene haciendo salir el aceite muy cerca de este mismo borde, ó mejor hasta pasarle y derramarse, como sucede en las lámparas de resorte (*fig.* 452); pues llegando en mucha cantidad no se puede descomponer todo el aceite, y evita que se queme la mecha.

839. Aparatos para mover las mechas. Los medios que se emplean para mover las mechas y hacerlas salir del tubo que las contiene á medida

que se van gastando, son varias: uno muy usado consiste en adaptar la mecha circular ó chata á un anillo *A* (*fig.* 454) por medio de otro *B* de mayor diámetro, ó por un medio cualquiera; este anillo va unido por la espiga *C* á una barrita dentada *D* que entra en una caja *F*, donde está unida al piñon *R* que se mueve por el boton *H*; la mecha está colocada en el espacio *S* entre dos tubos *N* y *P* concéntricos, y sube ó baja dando vueltas al boton. Este aparato se varía de muchos modos, pues unas veces está todo dentro del tubo que recibe el aceite, otras la espiga *C* está unida á *D* por la parte superior, y otras se suprime *C* y se une el anillo de la torcida á la misma barra *D*, haciendo largo el recipiente *S* donde se coloca esta barra, para poderle cerrar por la parte inferior y que no se salga el aceite. Otro método empleado tambien con frecuencia consiste en un tubo *A* (*fig.* 455), que tiene en su parte esterior una canal en forma de hélice; la mecha contenida en un anillo por medio de otro, ó de cualquier manera, envuelve este tubo *A* y está colocada dentro de otro tubo *H* esterior; el anillo tiene un saliente *O* en su interior que entra en la canal de *A*, y otro *R* que entra en una canal recta *S* que tiene el tubo *H*; haciendo girar este tubo *H* uniéndole á la galeria que lleva la chimenea, ó por unos salientes *L* como en las lámparas solares (837), el anillo sube porque, arrastrado por el tubo *H*, tiene el saliente *O* que seguir la direccion de la canal de *A*, y por tanto la torcida se eleva: el mismo tubo *H* lleva por lo menos otra canal como *S* para que el aceite llegue facilmente á la torcida, y el aparato se adapta á todas las lámparas con las pequeñas variaciones que exije cada caso particular. El diámetro interior de estos tubos *A*, que es por donde llega el aire al centro de la llama, no es indiferente, pues se ha visto que para consumir igual cantidad de aceite se produce una luz mas intensa cuanto menor sea este diámetro, no siendo en esceso, pues nunca debe tener menos de 7 á 8 milímetros ó 4 líneas.

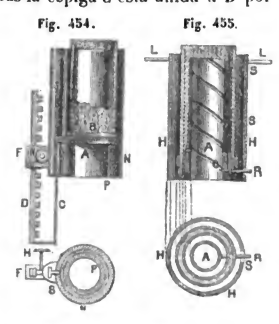


Fig. 454. Fig. 455.

840. Chimeneas. Las chimeneas en el alumbrado no pueden ser sino tubos de cristal que produzcan el tiro necesario para la renovacion del aire en la llama, y que no la quiten su brillo por no dejar penetrar los rayos. Sabemos que una chimenea larga y estrecha por la parte superior es conveniente para hacer llegar mayor cantidad de aire á la llama (552); pero si la chimenea en este caso es demasiado larga, la llama se acorta (449) y su brillo es menor; hay pues un límite que no se debe pasar, y seria conveniente que los aparatos de alumbrado estuvieran dispuestos de modo que la chimenea pudiera subir ó bajar para dar á la luz su mayor intensidad, pues la altura necesaria depende de la cantidad y calidad del aceite quemado: son tambien mejores los tubos que forman delante de la llama una entrada que los hace estrechar, pues el aire que al ascender choca en esta entrada se precipita en la llama y es mejor la combustion, pero debe estar bastante baja para que produzca este efecto, porque de

lo contrario es de poca utilidad. El diámetro de los tubos deberia ser pequeño, pero entonces hay el inconveniente de que se calienta demasiado y salta, sobre todo en el cambio de temperatura al encender la luz: hemos observado varias dimensiones de tubos de diferentes lámparas, y nos ha resultado que las dimensiones de tubos que producen la mejor luz y resisten bien á la temperatura, tomando tubos de la misma fábrica, son próximamente las que se indican, en milímetros.

	DIAMETRO DE LA MECHA.	DIAMETRO SUPERIOR DE LA CHIMENEA.	LONGITUD DE LA CHIMENEA.
Lámpara comun, mecha circular..	14	30	230 á 240
Lámpara de resorte....................	20	30 á 31	240
Lámpara solar...........................	21	30 á 32	240 á 250

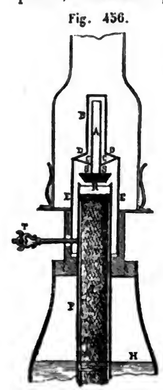
841. Aparatos de reflexion. Pantallas, bombas. Cuando la luz se ha de producir sobre un objeto, será necesario colocar un espejo que, reflejando los rayos que serian perdidos para alumbrarle, los haga llegar hasta él, y segun lo que dejamos dicho en los espejos cóncavos (724), estamos en el caso de saber cómo deben disponerse; esto mismo se hace cuando la luz no ha de alumbrar sino en una direccion determinada, por ejemplo, en las calles cuando está arrimada á la pared la luz es inutil sobre ella, y por tanto un espejo que arroje hácia la calle la luz que recibiria la pared y la que marcharia por la parte superior, será muy conveniente. Este efecto producen tambien las pantallas cónicas que se ponen en nuestras lámparas domésticas para alumbrar la superficie de una mesa, ó si están colgadas, para alumbrar la parte inferior. En el alumbrado se ha de tener tambien presente que el color blanco proviene de la reflexion de todos los rayos luminosos (748), y por esto se observa que una pared ó un tapete blanco producen mas reflexion, es decir, hacen mas clara la parte iluminada; este efecto debe procurarse en algunos casos, como en grandes salones y sitios semejantes haciendo sus paredes claras; otras veces hay que evitarle, pues el esceso de luz fatiga la vista, y en tal caso se hace reflejar sobre superficies de color oscuro, ó si es luz natural la que ha de soportarse, es conveniente usar anteojos con vidrios azules ó verdes, cuando se ha de mirar por mucho tiempo un cuerpo blanco, un arenal al sol por ejemplo, ó un pais nevado. Se usan tambien cuerpos traslucientes que quitan la intensidad á la luz esparciendo sus rayos y no dañan á la vista; estos cuerpos son pantallas ó bombas colocadas alrededor de la luz, y se hacen de papel, tela, porcelana ó vidrio deslustrado, y forman una media sombra, si así puede llamarse, por la dispersion que producen, de modo que no hay grandes contrastes de luz y sombra que fatiguen la vista; coloreadas estas pantallas producen luces menos intensas, pero de un efecto agradable.

842. Diferentes líquidos combustibles. Se han usado otros líquidos diferentes de los aceites para el alumbrado, con los nombres bien poco cien-

tíficos de hidrógeno líquido y gas liquido, ó con el de *gasógeno* y otros. Todos los líquidos compuestos de hidrógeno y carbono serán combustibles (828); pero si el hidrógeno está en esceso, la llama es poco brillante por falta de carbon, y si este se encuentra en esceso no puede arder todo y la llama es tambien poco intensa, amarillenta ó rojiza, y produce un humo espeso: en el primer caso se encuentra el alcohol, y en el segundo el *aguarrás*, los *aceites de petróleo* y *nafta*, el *espíritu de madera* y otros líquidos semejantes: se concibe segun esto, que si se mezclan los líquidos muy carbonados con el alcohol, podrá resultar una mezcla que se encuentre en las buenas condiciones para arder; pero es necesario que estos líquidos sean puros, es decir, sin agua, pues si la tienen, ó el alcohol no es enteramente concentrado, la mezcla de los dos líquidos no se hace bien, y arden separados: estas mezclas de alcohol y otro líquido muy carbonado, sea el que quiera, en las proporciones convenientes, son las que se emplean con los diferentes nombres antes indicados.

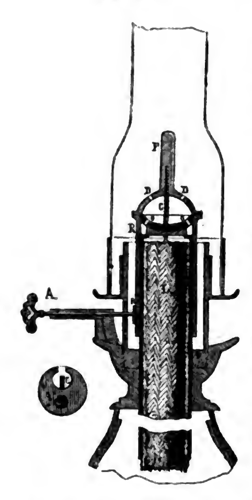
843. Aparatos para quemar los gasógenos. Los aparatos para quemar estos líquidos, que llamaremos gasógenos, tienen que ser diferentes de los esplicados hasta ahora para el aceite, pues siendo muy volátiles, y produciendo olor, no podrian arder con ventaja en ninguna lámpara de las de aceite. Entre otros aparatos ideados para este alumbrado, el mas conveniente es el de Robert (*figura* 456), que consiste en un recipiente *H* generalmente de cristal en forma cualquiera, terminado por el aparato que produce la luz, el cual está compuesto de un tubo *P* que lleva la mecha *L*, la que por su capilaridad hace subir el líquido del recipiente *H*; este tubo *P* entra en otro *E* terminado por dos tubos concéntricos *A* y *B*, los cuales forman en su parte inferior un espacio *C* con pequeños agujeros *D* en toda la circunferencia esterior: para encender la lámpara, se moja por fuera el tubo *B* con alcohol ó con el mismo líquido, y se hace arder; en este caso el vapor del líquido de la mecha, que pasando por los agujeros *S* llena el tubo *A* y el espacio entre los tubos hasta *C*, se calienta y arde al salir por los agujeros *D*; una vez empezada la combustion del gas, el calor que ella produce, le calienta y hace que siga la combustion, resultando una llama brillante y muy igual. Para apagar la lámpara hay un boton *T* que hace bajar todo el tubo *E*, cerrándose el *P* con la válvula *R* colocada fija en la entrada del tubo *A*; en este caso el vapor del líquido no puede subir y cesa la combustion; tambien se modera la salida del vapor del mismo modo para arreglar la cantidad de luz. Otros picos mas modernos no tienen el doble tubo de la punta, y están formados (*fig.* 457), de un tubo *B* que envuelve á otro *L* donde está la mecha como en el aparato antes esplicado; se enciende tambien lo mismo, y el gas sale á la cavidad *C*, y despues por los agujeros *D*, llega al esterior, donde arde: cuando se ha de apagar la lámpara se mueve el boton *A*, que engancha en un saliente *C* del tubo *B*, y le hace dar vuelta y bajar, cerrándose las entradas *O*, porque la válvula *R* tapa el tubo *L* y el vapor no llega á *C*, que es la posicion que marca la figura; en este pico la parte

Fig. 456.



metálica *F*, acumula calor de la llama para calentar el gas de *C* y el que sale por *D;* en el otro aparato (*fig.* 456) el gas se calienta entre los dos tubos *A* y *B*.

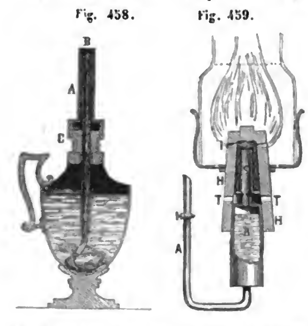
Fig. 457.



Se han construido tambien otros pequeños aparatos (*fig.* 458), dispuestos de un modo semejante á los de aceite, con una torcida en el recipiente, pero con un tubo *A* que envuelve al *B* en donde está la mecha: es'e tubo *A*, se puede subir ó bajar por medio de una rosca en *C;* si se quiere mucha luz, se baja el tubo *A* y la mecha de *B* arde libre; pero si se quiere disminuir la luz, se sube el tubo *A*, y la mecha ahogada en él, produce una llama tan pequeña como se necesite.

844. Aparatos para mezclar el aire con el vapor. Mas modernamente se ha tratado de resolver el problema de mezclar el vapor de los líquidos muy carbonados con la suficiente cantidad de aire para que arda todo el carbon, porque es evidente que mezclado con el oxígeno necesario, podrá arder completamente; de este modo se evita el alcohol, que es el líquido de mas precio. Muchos ensayos se han hecho para conseguir el objeto, y muchos tambien son los aparatos que pudiéramos citar para resolver mas ó menos completamente el problema, reducido, como hemos dicho, á mezclar con el carbono todo el aire necesario para su combustion; pero de entre todos citaremos dos, que son los que hemos visto producir mejores resultados. El primero (*fig.* 459) le hemos visto usado para alumbrado

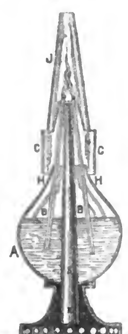
Fig. 458. Fig. 459.



esterior: un tubo *A* trae el líquido de un recipiente colocado en la parte superior del farol, al vaso *B*, por donde sale su vapor al tubo *C* y llena el espacio entre este y otro esterior *H* de cobre y de paredes gruesas, cerrado por la parte superior; en este espacio entre los dos tubos hay una cubierta de tela metálica *S*, cerrada enteramente; el vapor calentado sale por una porcion de agujeros que hay en *I*, formando una llama cuyo calor produce nuevo vapor que se mezcla perfectamente con aire que entra por otros agujeros *T*, pues para salir al esterior tienen que atravesar la tela metálica *S*, la cual, además de formar la mezcla, tiene tambien por objeto impedir que la llama penetre al interior y produzca detonacion (449); el calor de la combustion calienta el tubo grueso *H*, arde la mezcla, y un tubo de cristal esterior hace tambien llegar aire al rededor de la llama: para encender, es necesario calentar el tubo *H* como en los casos anteriores. La *figura* 460 es otro aparato portátil, que consiste en

un recipiente *A* donde se coloca el líquido combustible, y en el que entran dos tubos *B* que llevan mechas en su interior, generalmente chatas: una cubierta *C* rodea el recipiente dejando entrar el aire por *H* á la parte esterior de la llama y á la chimenea *J*; además un tubo *S* que toma aire de la parte inferior, le lleva entre las dos mechas á mezclarse con el gas combustible; en *R* hay una válvula que se abre ó cierra con un boton esterior para que entre la cantidad de aire necesario y se produzca una buena combustion.

Fig. 460.



845. Examen del alumbrado por diferentes líquidos. El alumbrado por el gasógeno ha tenido alguna aceptacion en otros paises en ciertas épocas, y todavía se emplea: no se puede negar que su luz es brillante y aceptable bajo este punto de vista, aunque algo mas blanca que la de aceite, pero tiene inconvenientes que han hecho casi abandonarla: en España esta luz debe ser de un precio subido, pues el alcohol es caro; las breas resultantes de la fabricacion del gas de alumbrar estraido de la hulla podrian destilarse, lo mismo que los restos de resinas, alquitranes y demás cuerpos de esta especie, y resultarian líquidos carbonados á bajo precio, sobre todo en algunas localidades; pero sería necesario que el consumo estuviera asegurado para establecer las destilaciones en la escala que pudieran dar beneficios: se conseguiria acaso el consumo si no tuviera otras contras este alumbrado; pero el olor de los líquidos, lo muy inflamables que son, y por tanto las precauciones con que se deben manejar, y hasta la manera de encender las lámparas, serán obstáculos para su generalizacion; esto en cuanto al alumbrado doméstico, pues para el público tiene un rival poderoso en el gas, preferible bajo muchos conceptos, si bien mas caro de plantear. En Madrid mas de una vez se ha tratado de aclimatar este alumbrado, y no ha trascurrido mucho tiempo desde que se hizo el último ensayo; pero cayó por falta de consumo, y los que tomaron aparatos se encuentran en el dia sin poderlos usar por falta del líquido necesario. En la comparacion de luces tomaremos para esta, como tipo, el precio de 4 reales cuartillo, que es al que se vendia en el último tiempo citado.

846. Alumbrado de gas. El hidrógeno bi-carbonado, que es el gas propio para dar una luz brillante, puede obtenerse mas ó menos puro, de muchos cuerpos de origen orgánico, tales como aceites, resinas, grasas, y tambien la hulla; este último cuerpo es el que sirve generalmente para estraerle, por ser el que con mas economía puede producir por la destilacion y purificacion un gas de llama brillante, que aunque no es solo hidrógeno bi-carbonado, es sin embargo de muy buenas condiciones para el alumbrado. La destilacion y purificacion del gas, ó la esplicacion de las operaciones necesarias para obtenerle lo mas puro posible, pertenece á un tratado de química; indicaremos solamente estas operaciones. Las hullas se colocan en vasos cerrados *ó retortas* cilíndricas ó algo chatas, de barro, de hierro y tambien de piedra, que se ponen dentro de un horno; el aire no entra en ellas, y solo tienen un tubo de salida para el gas: la temperatura para la destilacion no debe ser baja, porque se producirá menos gas, pero tampoco demasiado

elevada, porque se descompondrá el gas formado; la temperatura del rojo blanco sostenida durante 5 á 6 horas es la mas conveniente: cada horno lleva varias retortas dispuestas de diferentes maneras segun el combustible que se emplee; en general es el cok producido por anteriores destilaciones, contándose en cada una, en los hornos bien construidos, un consumo de 32 á 34 por 100 del cok producido en las retortas; tambien suele emplearse la hulla, y en algunas partes añaden al combustible los alquitranes ó breas producidas por las mismas destilaciones, pudiéndose calcular 1 kil. de brea equivalente á 4 de cok; pero los hornos deben tener espacio suficiente para que se desarrolle la llama larga que en este caso se produce. La chimenea y demás partes del horno se calculan como ya sabemos (552). La primera operacion para purificar el gas es un lijero lavado, pasándole despues á un condensador ó refrijerante formado generalmente de varios tubos, donde se condensan algunos de los cuerpos que en estado de vapores acompañan al gas, y este se enfria tambien; en seguida se le hace pasar por entre pedazos de cok para que deje en él los cuerpos que arrastra mecánicamente; despues pasa por una disolucion de sulfato de hierro ó de cloruro de manganeso, y en seguida se le hace pasar por cal en polvo ó en lechada, donde se acaba la purificacion: estas son las operaciones á que se somete el gas, de las cuales suelen suprimirse la del paso por el cok y la disolucion metálica, y tambien se sustituye la cal con yeso; el gas purificado pasa al gasómetro. Lo primero que ocurre en la fabricacion del gas con la hulla es determinar cuál será la mas conveniente para producirle: si la eleccion se hace por apariencias esteriores será muy aventurada, pues ningun indicio es seguro; se ha dicho que las hullas que producen mejor cok son las mejores, así como las que dan el cok esponjoso y aglomerado y las bituminosas; pero contra esto hay la esperiencia, pues las hullas de Mons empleadas en Francia como muy buenas no tienen todas estas propiedades, y la de Lancashire en Inglaterra, que es todavía mejor, produce cok nada esponjoso; un análisis exacto, y sobre todo la esperiencia, debe decidir en la eleccion. Damos como término de comparacion el análisis de las dos hullas citadas, por ser las que se emplean como mejores para la estraccion del gas.

	Densidad.	Carbono.	Hidrógeno.	Oxígeno y azoe.	Ceniza.	100 ATOMOS DE CARBONO ESTAN UNIDOS A		Cok.
						Hidrógeno.	Oxígeno.	
Lancashire (cannel-coal)............	1,317	83,75	5,66	8,04	2,55	834	74	57,9
Mons (Flenu)..	1,276	84,67	5,29	7,94	2,10	765	72	61

El cok de la hulla primera, de Lancashire, es algo aglomerado y no esponjoso, y el de la de Mons es bastante esponjoso.

En una fábrica de París que emplea carbon de Mons, hemos obtenido los datos siguientes: 100 kil. de hulla empleada producen:

Gas..........................	27 metros cúbicos.
Cok..........................	1^{hect},6 ó 52 kil.
Breas......................	6 kil.
Aguas amoniacales.............	8^{lit},3

Contamos 32^{k},5 el peso de cada hectólitro de cok, que es el término medio de 30 á 35 que pesa uno colmado. Otras hullas francesas han dado entre 24 y 26 metros cúbicos de gas por 100 kil. de hulla, que es lo que se puede suponer que dan las de buena calidad para el alumbrado en las fábricas, teniendo en cuenta que no es igual el análisis en pequeño de un laboratorio, pues hay hullas inglesas que por este medio dan á razon de 40 metros cúbicos por 100 kil., pero una hulla que produzca 20 metros, ya se puede adoptar; hay que contar tambien la cantidad de cok producido, pues si este se vende bien, será conveniente que resulte mucho, aunque se obtenga algo menos gas, pero si tiene poca salida, debe hacerse el menos posible: un sencillo cálculo nos dará la ventaja de lo uno ó lo otro en cada localidad. La condicion necesaria en las hullas que se destinen para gas es que estén perfectamente secas, pues además del inconveniente de que al evaporar el agua toma calor, da un gas de mala calidad y en cantidad menor. Un esperimento hecho ha dado el resultado siguiente por kil. de hulla.

	GAS DE BUENA CALIDAD.	GAS DE MALA CALIDAD.	TOTAL.
Con 10 por 100 de agua.........	160 litros.	92 litros.	252 litros.
Enteramente seca................	240	92	332

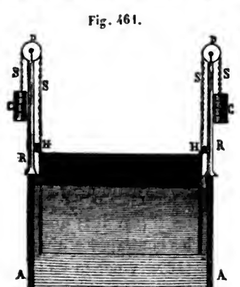
Aconsejan sin embargo que tenga la hulla 2 por 100 de agua, que es la que naturalmente toma cuando se halla almacenada en sitios cubiertos, porque si está muy seca, pasa su polvo con el gas á los tubos conductores y los obstruye. La cantidad de gas que resulta en cada una de las horas que dura la destilacion no es la misma, como se ve por el resultado siguiente, obtenido en observaciones hechas en un pequeño gasómetro construido al intento, dividido en partes de igual capacidad; las divisiones que marcó el gasómetro en las diferentes horas de destilacion fueron las siguientes:

1.ª hora	38 divisiones.
2.ª....................	29
3.ª....................	22
4.ª....................	15,66
5.ª....................	9,34
6.ª....................	6
	120

847. Propiedades de un buen gas. Un gas puro es tanto mas á propósito para el alumbrado, cuanto mayor es su densidad, porque en este caso es mas carbonado; pero decimos puro, porque si no lo es, puede estar mezclado con otros gases que hagan variar su densidad, modificando al mismo tiempo sus buenas cualidades para el alumbrado: por ejemplo, si tienen ácido carbónico aumenta mucho su densidad por ser grande la de este último, y sin embargo disminuye su potencia para alumbrar, porque el ácido carbónico no es combustible. La densidad media del gas de la hulla es 0,529 y del gas de aceite 0,96. El gas preparado recientemente es preferible al que está preparado algun tiempo antes, pues pierde parte del carbono, que contiene en esceso cuando está recien fabricado: se ha visto que una luz de gas, para ser de la intensidad de una bugía, necesita gastar 1012 centímetros cúbicos por hora, si el gas está recien fabricado; 1087 si está fabricado dos dias antes, y 1165 si 4 dias.

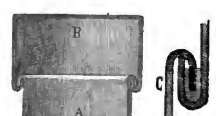
848. Gasómetros. Los *gasómetros* son depósitos para el gas, á donde pasa despues de purificado, pues no sería posible que se fuera fabricando á medida que se consume, y mucho menos cuando este consumo es variable; sirven tambien los gasómetros para producir sobre el gas la presion necesaria para que llegue hasta los picos, cuando es menester producirla; además sirve el gasómetro para medir aproximadamente la cantidad de gas que contiene. Se compone (*fig.* 461) de un depósito circular ó cuba con agua *A*, en la cual entra una campana *B* cerrada por la parte superior; para equilibrar el peso de esta campana, hay unos contrapesos *C* suspendidos de cadenas que pasan por las poleas *D*, siendo estos contrapesos en mas ó menos número, segun las dimensiones de la campana: debe construirse en paraje resguardado del viento, pues un huracan puede dar vuelta á la campana y perderse el gas. La cuba se hace á veces de madera sujeta por fuertes aros de hierro, pero es fácil que el agua salga, y además es poco segura, teniendo presente que siendo este gas tan esplosivo, la ruptura de un gasómetro podria producir muy funestas consecuencias: se hacen tambien las cubas de fábrica, y en este caso se ponen generalmente dentro de la tierra; los materiales son piedra ó ladrillo, segun las localidades, guarnecidas en

Fig. 461.



el interior por un buen mortero hidráulico para evitar las filtraciones; aconsejan tambien que se cubra el mortero con brea que contenga una porcion de sustancias grasas, para que se adhiera bien y no salte; estas son las cubas mejores, y generalmente mas económicas. Se hacen tambien de hierro fundido compuestas de varias piezas que se unen por medio de fuertes tuercas, y se cierran las uniones con buen betun de hierro (653), pero estas son de un precio mas elevado. La campana que contiene el gas se hace siempre de plancha de hierro, formando las uniones con mucho cuidado para que no deje salir el gas, y embreándola para que no se oxide; solo en el caso de ser muy pequeños los gasómetros pueden hacerse las campanas de madera embreada: la forma es siempre circular por ser mas conveniente, en razon á que con la misma superficie encierra mayor volumen, y por ser la mas fácil de construir y de conservar sin que se deforme. Generalmente se da de altura á los gasómetros el rádio de la campana y 4 á 5 decímetros mas, segun su capacidad, que entran en el agua: para calcular las dimensiones que debe tener una campana, cuando conocemos la cantidad de gas que ha de encerrar, hay la relacion siguiente; esta cantidad de gas dividida por el número 3,14159, nos dará la altura dos veces multiplicada por sí misma: supongamos que hay que recojer 61800 pies cúbicos de gas; dividido este número por 3,14159, nos da 61800 : 3,14159 = 19671, despreciando fracciones; esta cantidad representa la altura multiplicada dos veces por sí misma, y como 27×27×27 = 19683 que es un número muy poco mayor, resulta que deberemos tomar para altura 27 pies, á lo que añadiremos 1 ó 1 ½ pies mas para entrar en el agua, dando por consiguiente de diámetro 54 pies. Las campanas se hacen á veces en varios trozos, si es necesario por circunstancias especiales dar bastante altura y poco diámetro, y cuando no sean de mucha capacidad; se forman (*fig.* 462) de cilindros *A*, cuyo borde doblado entra en el del cilindro de mas arriba *B*, que tambien está doblado en sentido contrario: si no hay gas entran unos trozos en otros, y cuando se van elevando, el agua que queda en el borde sirve para cerrar y que no salga el gas, como se ve en mayor escala en *C*.

Fig. 462.



849. Contrapesos. Los contrapesos que hemos dicho se ponen en los gasómetros, sirven para evitar la mucha presion que tendria el gas que vencer para entrar en la campana, pues necesita elevarla, y á esto se opone su peso: sirven tambien para dar la presion conveniente al gas cuando es necesario, y además para hacer que la campana se eleve en direccion vertical y no se tuerza, á pesar de que para este último objeto se disponen tambien poleas ó ruedas *H* (*fig.* 461) unidas á la campana, que ruedan en las columnas *R* que soportan los contrapesos. Cuando la campana está sumerjida en el agua, tiene menos peso (167), y por lo tanto su presion sobre el gas disminuye á medida que este se encuentra en menor cantidad en ella; pero se ha compensado esta diferencia dando á las cadenas *S* un peso suficiente para que, uniéndose este peso al de la campana, sea siempre igual, pues se ve que la parte de la cadena que pasa por la polea, une su peso al de la campana, y al mismo tiempo disminuye el que se unia á los contrapesos. Los gasóme-

tros de grandes dimensiones pueden no necesitar contrapesos, porque la fuerza ascensional del gas, mas ligero que el aire, vencerá el peso: en estos, para hacer presion sobre el gas á su salida, hay que cargar las campanas en la parte superior. Los pequeños gasómetros tienen un solo contrapeso que se sostiene en una cadena ó cuerda que sale desde su centro y pasa por poleas.

850. Tubos. Los tubos que conducen el gas, deben tener el diámetro suficiente para dejar paso á todo el necesario, pero no es posible calcularle con exactitud á causa de las varias circunstancias que no pueden ser apreciadas: segun observaciones hechas aplicando el cálculo en lo posible, se ha dado la tabla siguiente, de la cual se podrán sacar datos para los casos que ella no contiene.

NUMERO DE METROS CUBICOS QUE HAN DE PASAR POR HORA.	METROS DE LONGITUD DEL TUBO.	DIAMETRO DEL TUBO EN CENTIMETROS.
15	30	1,01
76	60	2,53
152	180	3,50
213	304	5,71
304	304	7,75
456	304	8,46
608	304	10,59
608	608	12,97
608	1216	15,51
608	1824	17,71
1824	304	18,46
1824	608	22,98
2452	304	31,19
2452	608	40,48

Se sabe además por la práctica, que un tubo de 108 milímetros con la presion de una columna de agua de 27 milímetros, deja pasar 282 metros cúbicos por hora. La presion del gas varía en su tránsito con la longitud y altura donde tiene que subir, resultando fenómenos complicados en cuyo examen no es del caso entrar, ni tampoco por lo tanto en el de algunos medios propuestos para regularizarlas; asi no nos ocuparemos de la formacion de una canalizacion completa, y solo diremos que los tubos deben estar perfectamente ajustados para que no pierdan gas, pues produce mal olor, y además, mezclado con el aire es muy esplosivo; los tubos de fundicion, que son los que se usan generalmente, se unen como hemos dicho (*fig.* 338), pero sin la pieza *B*: en Madrid las uniones se hacen de este modo, introduciendo trenzas de estopa embreadas que se comprimen bien, y despues se pone plomo fundido que se introduce con un cincel á martillo despues de frio. En Francia emplean con buen éxito tubos construidos de plancha de hierro, embreados por dentro y fuera; son mas baratos y mejores, pero tienen que estar muy bien construidos por la union.

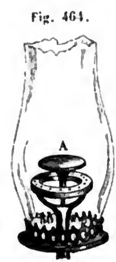
851. Picos. Los *picos* ó *mecheros* en que arde el gas deben tener condicio-

nes particulares: supongamos que el gas arde saliendo por un orificio circular de pequeño diámetro; como no encuentra aire al salir mas que en la circunferencia, sería conveniente que esta fuera grande para ponerse en contacto con mucho aire: pero entonces habria el inconveniente de salir mucho gas, que se elevaría sin arder hasta un punto que, ya demasiado frio, no podria hacerlo y marcharía perdido: por estas razones debe haber un límite, ó mas bien formas particulares para que el gas no salga en esceso, y encuentre sin embargo la cantidad de aire necesario para su buena combustion: sin embargo, en ninguna forma de pico deja de notarse una parte azul en la llama que prueba mala combustion, y lo que hay que evitar es que el gas, saliendo de esa parte azul, no encuentre bastante aire para arder antes de enfriarse. Se hacen estos picos ó salidas, generalmente de cobre; los hemos visto tambien de porcelana, y acaso serán mejores, porque se limpian mas fácilmente, son inoxidables, y de mejor vista por su blancura. Un pequeño tubo con un orificio en el centro, produce buen efecto si este tiene 7 á 8 diezmilímetros de diámetro. Suelen emplearse mucho otros picos terminados por una esfera con una canalita ó corte largo, y de 2 diezmilímetros de ancho, por donde sale el gas y la luz forma una especie de abanico. Para luces de mas intensidad se emplean otros picos (*fig.* 463) formados con un tubo circular *A*, al que pasa el gas por el tubo principal *B* que se divide en dos; el anillo tiene en su parte superior pequeños agujeros por donde sale el gas formando una sola llama; la chimenea *C* produce una corriente de aire que pasa al esterior, y tambien por el centro atravesando el anillo; uno de estos aparatos producirá el mejor efecto si tiene 20 agujeros de 4 á 5 diezmilímetros de diámetro espaciados de 3 milímetros; tambien se hacen con una canal de 1 á 2 milímetros en lugar de agujeros, y producen buen efecto. Otra disposicion de pico es el de la *figura* 464, que es el mismo anterior con la adicion de una pieza *A* sobre la salida del gas, á una distancia que en algunos se puede variar porque está sujeta en la parte inferior por medio de un tornillo; la llama se abre en esta pieza, y el aire que sube por el centro encuentra un obstáculo para su ascenso, y por tanto se mezcla con el gas caliente, produciéndose mejor combustion; además esta pieza, colocada en el centro de la llama, contribuye á su mayor intensidad, y mantiene una elevada temperatura. Cuando han de producir mucha luz, se hacen de mas agujeros, colocados en anillos concéntricos, y para juegos de luz se emplean los que hemos esplicado, ó de otras formas variadas á capricho. Suele ponerse tambien en la parte inferior de los picos una tela metálica, que el aire llamado por la chimenea tiene que atravesar; de este modo una corriente de aire fuerte, por ejemplo al abrir una ventana, no hace variar la luz; esta adicion es de muy buen efecto.

Fig. 463.



Fig. 464.

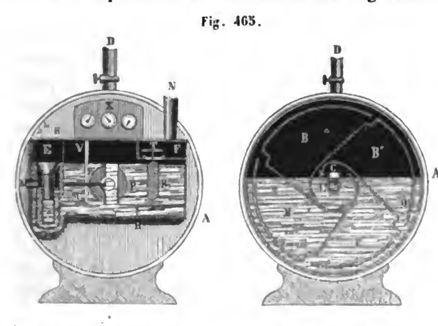


852. Llama. Segun observaciones hechas, el aire en esceso produce el efecto de disminuir la luz, lo que no es dificil esplicar: determinadas las mejores condiciones para la luz, se ha fijado en 8 á 9 milímetros el diámetro de la entrada del aire en el interior de la llama; en 4 centímetros el diámetro de la chime-

nea con 16 á 20 de altura, haciendo salir gas para que la llama tenga de larga 10 á 12 centímetros. Se ha propuesto, añadir á la parte superior de la chimenea un aparato compuesto de un disco en el que se haya practicado un orificio que puede variar, con el objeto de arreglar la corriente: algo de este efecto puede lograrse colocando una campana, como se hace con frecuencia encima de la luz para recojer los gases y llevarlos por un tubo á un pequeño recipiente con agua, donde se condensa en parte ó queda el carbon que no ha ardido; si la campana sube ó baja á voluntad, podrá arreglar la corriente.

853. Contadores. En cada punto donde se consume gas es necesario saber la cantidad; todas las compañías han empezado generalmente dando luz por un cierto precio durante un número de horas, pero esto ofrece muchos inconvenientes para el consumidor lo mismo que para la compañía, fáciles de conocer, y así han abandonado este sistema; además en muchos casos no es posible seguirle porque el consumo varía de un dia á otro, y á veces no se quema en ciertos dias ó estaciones: por todo lo dicho ha sido necesario inventar algun aparato que mida la cantidad de gas que se consume, marcándola de una manera que pueda conocerse en cualquier tiempo. Varios son los aparatos que se emplean con el nombre de *contadores* para este objeto; algunos, muy modernos todavía, no puede conocerse bien su modo de funcionar por largo tiempo, otros, abandonados, tampoco son de utilidad; describiremos por lo tanto el mas usado en el dia (*figura* 465). Está formado de una caja de hierro *A*, que contiene en su interior cuatro ó mas capacidades *B* formadas de hierro galvanizado, perfectamente cerradas lateralmente, y que están sujetas á un eje de fácil movimiento; una cantidad de agua algo mas elevada que el centro, tiene sumergidas en parte estas capacidades: el gas llega por *C* y entra por *S* á llenar la capacidad *B'*, haciendo girar sobre el eje á todas las demás; pero sale del agua la abertura *O* y en este caso el gas se marcha por el tubo *D*, porque otra capacidad siguiente se va llenando de gas, y haciendo girar á todas, obliga á la *B'* á sumergirse vaciándose completamente; de modo que cuando el aparato ha hecho una vuelta entera, ha pasado por el contador tanto gas como cabe en los cuatro recipientes *B*, y conocido el volumen de estos, tenemos el del gas que ha salido; pero este aparato, para funcionar bien, necesita otras adiciones que vamos á describir: en la parte de delante lleva una caja *H*, que recibe el gas por el tubo *N* y le hace llegar al interior por el tubo central *P*, que comunica con el *C*; pero si el nivel del agua sube, disminuye la capacidad de los recipientes *B*, y si baja, además de aumentar esta capacidad, entrará gas desde *P* al espacio entre los recipientes y la caja *A*, y marchará por *D* sin po-

Fig. 465.



derse contar; es necesario por tanto que el agua esté á un nivel constante; pero la evaporacion puede hacerle bajar, y la condensacion de cuerpos que traiga el gas puede tambien hacerle subir: y por eso se dispone el contador de modo que el nivel no varie sino entre ciertos límites: para que el aparato no funcione si baja el nivel hay un flotador *R*, que sostiene la válvula *T*; el gas desde el tubo *N* de entrada llega á una caja *F*, que no tiene mas salida que por debajo de la válvula *T*, de modo que si el nivel baja, la válvula cierra esta salida, y el gas no pasa; como esto se hace notar inmediatamente, se echa agua por un tubo *L*, y se restablece la salida: para que el nivel no se eleve hay otro aparato *E*, que consiste en dos tubos concéntricos que dejan entre sí un espacio cerrado por la parte superior, y están colocados de modo que lleguen exactamente á la altura que ha de tener el agua; si esta sube, cae en el tubo del centro por *E*, se introduce por la parte inferior, en el espacio comprendido entre los dos, y sale por *K*; pero es necesario que este aparato sea bastante largo para que la columna de agua que contiene tenga la altura mas que necesaria á mantener la presion que traiga el gas al contador, pues de lo contrario se saldrá por *K*. El eje sobre que apoyan los recipientes *B*, hace mover una rueda dentada *M*, que á su vez mueve el vástago *V*, y este da impulso á un sistema de ruedas dentadas y piñones que marcan en cuadrantes *X* cada vuelta en el primero, cada diez en el segundo y lo mismo en los siguientes, del eje ó de los recipientes *B*, y por tanto se lee en estos cuadrantes la cantidad de gas que ha pasado. Es necesario que los aparatos para mantener el nivel, estén dispuestos entre ciertos límites, porque de lo contrario, á cada momento se entorpecería la salida del gas por una pequeña baja del agua: esta diferencia de nivel que el agua puede tener, produce errores, pero por cálculos ingeniosos se ha visto que cuanto mayor cantidad de gas pasa por los conductores el erròr es menor, siendo este de $1\frac{1}{2}$ por 100 escasamente en los mas pequeños que se construyen, que son para medir el gas necesario á tres luces de dimensiones comunes; son pues estos aparatos bastante buenos si están bien construidos.

854. Gas de aceite. Si el aceite fuera de un precio mas bajo, sería preferible estraer de este líquido el gas para el alumbrado; desde luego los aparatos de destilacion son mas sencillos, la purificacion muy fácil, y la densidad mayor (847), lo que hace que su potencia luminosa sea mucho mas grande que la del gas de hulla; pero el precio elevado del aceite y el no dejar resíduos como la hulla, que deja el cok, y otros cuyo valor disminuye el coste del gas, hacen que este método no sea aplicable: diremos sin embargo que su destilacion se hace en retortas que contienen pedazos de cok sobre los cuales cae el aceite y se divide, convirtiéndose en gas, que despues se purifica y hace pasar al gasómetro.

855. Gas de madera. Se han hecho ensayos en escala bastante estensa para poder apreciar los buenos resultados del gas producido por la destilacion de la madera en vasos cerrados, pero el bajo precio de la hulla donde estos ensayos se han practicado, ha destruido este método, que acaso sería ventajoso en algun punto particular.

856. Gas de resinas. La destilacion de las resinas ha dado un gas de escelentes propiedades para el alumbrado, habiendo sido empleado en grande escala en algunas localidades: los aparatos en este caso son retortas llenas de cok.

en las que entra la resina, que se liquida con el calor perdido del hogar, en unos recipientes colocados encima: de las retortas pasa á lavarse y despues al gasómetro.

857. Gas de agua. Dos métodos se han empleado para alumbrar con el gas sacado del agua: es evidente que el gas contenido en ella que puede producir luz es el hidrógeno, y para obtenerle se ha hecho llegar el agua en vapor sobre carbon encendido; el oxígeno combinado con este forma ácido carbónico, y el hidrógeno libre sale mezclado con él; pero haciendo pasar la mezcla por una lechada de cal, es absorbido el ácido carbónico y queda solo el hidrógeno. Este gas sabemos que forma una llama de poca intensidad, porque le falta un cuerpo sólido que la haga brillante (449), y para que pueda servir en el alumbrado, es necesario introducir en la llama el sólido que le falta; uno de los medios ensayados para conseguir este objeto ha sido mezclar el hidrógeno con una porcion de carbon, haciéndole pasar por una retorta donde se destilen cuerpos muy carbonados, pero este sistema no ha producido buen resultado; otro medio ha sido hacerle arder puro, introduciendo en su llama una pequeña mecha de alambres de platino sumamente delgados, consiguiendo con este cuerpo sólido en la llama, una luz brillante y sin movimiento, que no fatiga la vista; pero el precio no ha sido menor que el de gas de hulla en los puntos donde se ha ensayado, y por tanto se ha abandonado: tiene tambien el inconveniente de que, como es muy ligero (255), se pierde con facilidad, lo que además del perjuicio que causa en su valor, produce esplosiones que se previenen dificilmente, pues como no tiene olor, no es facil reconocer una fuga en los tubos y demás aparatos.

858. Otros sistemas. Se han ensayado sistemas mixtos, ya poniendo madera en la hulla, ya grasas perdidas, ó tambien haciendo entrar agua en las retortas de la hulla, particularmente al principio de la destilacion, que es el momento en que se destilan las breas, muy carbonosas, que pueden dar al hidrógeno el carbon que le falta, aumentando por estos medios el gas util para alumbrar: los resultados obtenidos han sido satisfactorios, sobre todo en circunstancias dadas y con una direccion inteligente en las operaciones.

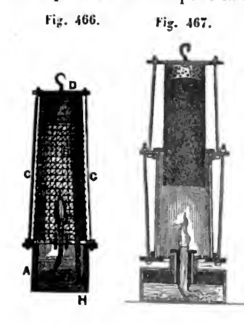
859. Luz de hidrógeno y oxígeno. Ya hemos estudiado la lámpara de hidrógeno y oxígeno (709) para producir elevadas temperaturas, pero su luz no es brillante sino poniendo en ella un pedazo de cal ó magnesia, que hace el efecto de un cuerpo sólido en la llama, y además absorbe á lo que parece el agua formada, desprendiéndose mas calor; de este modo se obtiene una luz que la vista no puede soportar, habiéndose apreciado, acaso con alguna exajeracion, igual en intensidad á 150 veces una luz de gas; ya hemos visto (773) que puede reemplazar á la luz del sol en los microscopios solares. Se ha tratado de sustituir al hidrógeno otros cuerpos que le contengan, como alcohol ó eter, y al oxigeno el aire; pero se ha venido á parar con corta diferencia en los métodos que hemos esplicado antes, siendo los resultados muy diferentes del que dan los gases.

860. Luz eléctrica. Para completar el estudio del alumbrado nos falta ocuparnos de la luz eléctrica; pero este sistema no puede esplicarse hasta mas adelante.

861. Lámpara de seguridad. Terminaremos el estudio de los medios de alumbrar, con la descripcion de un aparato importante por las grandes ven-

tajas que ha producido, que es la *lámpara de seguridad*, llamada tambien *lámpara de mineros:* supongamos una atmósfera que contiene gases combustibles en grande cantidad, el hidrógeno carbonado por ejemplo; cuando se coloque una luz en esta atmósfera, el gas mezclado con el aire arderá, produciendo una esplosion que causará los funestos efectos que es facil concebir; estos gases esplosivos se desprenden precisamente en muchas minas de carbon, y como los obreros en ellas necesitan luces, las esplosiones se producirian; para evitarlas se habia ideado el medio de alumbrar los trabajos por las chispas que forma el pedernal con un eslabon de acero, porque se observó que estas chispas no inflamaban el gas; pero este método, además de caro, era poco eficaz: Davy, habiendo observado que la llama de los gases combustibles no atraviesa las telas metálicas (449), ideó su lámpara de seguridad, con la cual un obrero puede tener bastante luz sin peligro de esplosion: se compone la lámpara de Davy (*fig.* 466) de una candileja *A*, que tiene en su parte superior una campana ó tubo *B* formado de tela metálica muy tupida, sostenida por medio de barritas *C* á la parte superior, que es un remate *D* con pequeños agujeros; estas lámparas se atizan con un alambre *H* que atraviesa la candileja, y así no hay necesidad de quitar la campana *B;* y para precaver una imprudencia, está unida la campana á rosca y sujeta de modo que no se puede quitar sino abriendo una llave. La *figura* 467 es otro nuevo modelo de esta lámpara, preferible al anterior porque produce mas luz; tiene la candileja lo mismo, pero encima lleva un disco unido á rosca con ella, y este disco sostiene un tubo de cristal unido á otro superior de la tela metálica por el intermedio de una guarnicion de cobre, y todas estas diferentes piezas se encuentran unidas por varillas: en estas lámparas entra el aire por unas aberturas del disco inferior cubiertas con tela metálica, y sale por la parte superior, donde tambien encuentra telas metálicas, de modo que como la corriente de aire es bastante grande y la luz está cubierta por cristal, alumbran muy bien y con tanta seguridad como en el otro modelo. Es necesario evitar que venga á chocar contra estas lámparas un viento fuerte, pues en tal caso puede suceder que la llama atraviese el tejido de la tela y haga arder el gas esterior, sobre todo en las primeras, pero con esta precaucion las lámparas previenen todo peligro, y son por tanto unos aparatos de la mayor importancia en la esplotacion de ciertas minas.

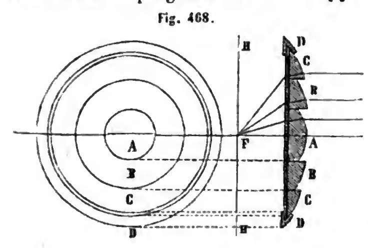
Fig. 466. Fig. 467.



862. Faros. Es muy antigua la costumbre de encender fuegos en las costas para señalar á los navegantes, ya un punto de arribada, ya uno peligroso, para evitarle: primero eran hogueras en las partes altas de las costas, y luego fueron torres en cuya cúspide se encendia el fuego, siendo la primera conocida la que se construyó cerca de Alejandría en la isla de Faros á la embocadura del Nilo, cuya isla ha dado el nombre á estas luces. Despues de las hogueras de leña se emplearon otros combustibles, y mas tarde luces, añadiendo espejos que las reflejaran, ya formados de varios espejos planos, ya curvos, para que los rayos para-

lelos pudieran llegar á mayor distancia sin que la luz perdiera de intensidad mas que por atravesar la atmósfera (726): perfeccionados despues estos aparatos ocurrió hacerlos con *destellos*, y *eclipses* ú ocultaciones periódicas de la luz, para poder distinguir unas faros de otros segun la duracion de estos eclipses, los cuales al principio eran producidos, ó por una pantalla que pasaba delante de la luz con un movimiento uniforme, ó por el movimiento del espejo de reflexion alrededor de la luz que arrojaba los rayos en diferentes direcciones; pero los espejos que eran de metal y parabólicos absorbian la mitad de la luz, y tenian otros inconvenientes: se trató de sustituir los espejos con lentes convexas que refractaran los rayos luminosos haciéndolos salir paralelos, pero se encontró el inconveniente de que era necesario emplear lentes de grandes dimensiones, que además de la dificultad en su construccion, y escesivo peso, tenian el grave inconveniente de absorber la mayor parte de la luz, por el mucho grueso que correspondia á su centro. Fresnel, hace pocos años, allanó todas estas dificultades, haciendo las lentes de anillos ó escalones, que producen el efecto de una entera, y no tienen sus inconvenientes. Supongamos una lente *A* (*fig.* 468) plano-convexa, en cuyo foco *F* hay una lámpara: todos los rayos que salgan de esta y sean recibidos por la lente, marcharán paralelos despues de atravesarla (738); pero siendo esta de poco diámetro, recibirá solo una parte pequeña de los rayos: otra lente *B* de mas diámetro que tenga el foco en el mismo punto *F*, refractará mas rayos que la *A* por ser mayor, haciéndolos tambien salir paralelos: si suponemos practicado en el centro de la segunda lente *B* un orificio del tamaño de la lente *A* donde se coloque esta, se tendrá rodeada de un anillo, que es parte de la *B*, y que formará el mismo efecto de hacer salir los rayos paralelos como si fuera una sola lente, y con la ventaja de ser menos gruesa en su centro. Suponiendo otra lente *C* mayor que *B* y con el foco en *F*, en cuyo centro se coloque del mismo modo la lente *A* con su anillo, y despues varias con iguales condiciones, se tendrá una lente de la estension que sea necesaria, la cual presentará á los rayos luminosos una pequeña masa que atravesar, y así se perderá poca luz, siendo además su peso reducido: fabricadas las lentes de este modo se aplican á los faros, y tambien á producir en un foco, una elevada temperatura reuniendo los rayos del sol. Pero suponiendo un foco luminoso rodeado de lentes de esta especie, queda todavía perdida la luz de la parte superior y de la inferior; para aprovecharla, haciendo salir estos rayos tambien en la direccion de los que atraviesan las lentes, se han ideado varios métodos: el primero ha sido colocar en la parte superior (*fig.* 469) una serie de anillos *A* y *B*, que van disminuyendo de diámetro, y están formados de bandas metálicas cuya seccion es una parábola, que tiene el foco en el punto luminoso *F*; los rayos como los *C* y *D*, que se perderian en la parte superior, encuentran estos espejos y se reflejan paralelos en *R* y *S*; lo mismo se hace en la parte inferior; estos espejos absorben mucha luz y son dificiles de construir, exi-

Fig. 468.



jiendo además mucho trabajo el mantenerlos brillantes; como en los faros formados con estos espejos y con lentes hay reflexion y refraccion de luz, pueden llamarse *cata-dióptricos*. Se han hecho despues otros aparatos formados con varias lentes de escalones que recojen los rayos de la parte superior y los hacen salir paralelos, en cuyo caso se reflejan en espejos de cristal esteriores, para hacerlos tomar la direccion de los refractados en las lentes laterales; por este método se pierde menos luz, pero los espejos se deterioran pronto. El método mejor, aunque dificil de ejecutar y por lo tanto caro, es colocar anillos de diferente diámetro cuya seccion sea un triángulo *A* (*figura* 470); los rayos que salen de *F* penetran en estos anillos y se reflejan en la cara posterior, que tiene la inclinacion conveniente para que los rayos reflejados salgan paralelos. Tambien estos aparatos son cata-dióptricos.

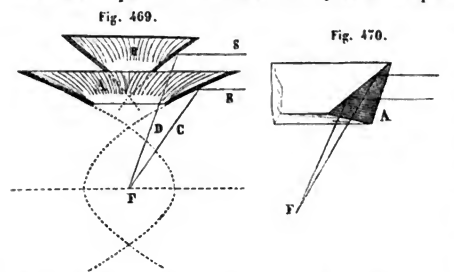


Fig. 469. Fig. 470.

863. Faros de luz fija. Los faros modernos construidos con las lentes y aparatos que dejamos descritos, son tambien *de luz fija* ó *de eclipse*. Para hacerlos de luz fija, supongamos que la seccion *DD* (*fig.* 468) gira alrededor de la linea *HH*; formará un cilindro que, terminado en su parte superior é inferior por algunos de los aparatos descritos anteriormente, hará salir los rayos luminosos horizontalmente en todas direcciones, como marca la *figura* 471, escepto entre los rayos *C* y *D*.

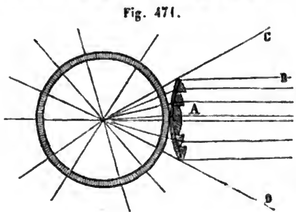
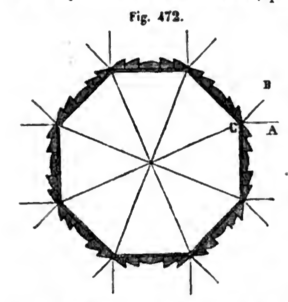


Fig. 471.

864. Faros de eclipses. Los faros de eclipses son de dos especies: los que se llaman de *luz fija con destellos*, son como los de luz fija que acabamos de describir, pero tienen una lente de escalones *A* (*fig.* 471), que gira por la parte esterior del cilindro de cristal; todos los rayos que recibe esta lente, los reune y hace salir paralelos, de modo que el punto que se ilumina con ellos recibe una luz viva que despues pasa, produciéndose un corto eclipse mientras este punto se encuentra en la abertura del ángulo que forman los dos rayos *B* y *C*, volviendo á recibir en seguida los rayos del cilindro que le alumbrarán menos: si esta lente *A* es de color, los destellos serán tambien del mismo color. Hay que tener presente en los eclipses, que se producirán en mayor espacio cuando el observador se encuentre mas lejos, pues los rayos *C* y *B* están mas separados cuanto mayor es la distancia. Hemos supuesto una sola lente *A*, pero tambien pueden ponerse dos, y los destellos serán mas frecuentes para igual velocidad. Los faros llamados de *eclipses* se componen de lentes como la que presenta la *figura* 468, pero cortadas en forma de cuadriláteros rectángulos: con un número

cualquiera de estas lentes, generalmente ocho, se dispone una linterna (*fig.* 472) que gira sobre su centro, apoyada por pequeños rodillos en la parte inferior, recibiendo el impulso de una sencilla máquina cuya fuerza suele ser la gravedad; si suponemos un punto distante del faro, cuando la linterna al girar le envie sus rayos, recibirá un destello, pero mientras esté colocado en los ángulos como

Fig. 472.



el *ACB*, formados por los rayos estremos refractados en dos lentes contiguas, el punto no recibirá luz, produciéndose un eclipse de mas ó menos duracion segun el tiempo en que la linterna haga una vuelta completa, pues si tarda 5 minutos en hacerla, se habrán producido 8 eclipses en este tiempo, y mas largos que si la linterna gira con mayor velocidad. Las lentes de los grandes faros tienen 1 metro de altura, y 0,76 de ancho. Se han construido lentes con cristal de color, y así se distinguen por esta circunstancia y por las ya dichas; pero el cristal de color absorbe mucha luz, ó á distancia no se nota y parece luz blanca. Vemos segun lo dicho, cuántas combinaciones diferentes pueden producirse en los faros, y cómo será fácil distinguir unos de otros aunque se encuentren muchos colocados en una misma costa: la luz fija, los destellos, los eclipses y el color, los hacen diferenciar; añadiendo á esto el tiempo diferente en los destellos y eclipses, se tendrán señales ciertas para distinguirlos; pero es necesario que todos los faros que pueden verse desde un punto del mar tengan diferencia, y por esta razon deben todos plantearse bajo un sistema general: cuando se enciende una luz de esta especie por primera vez en una costa perteneciente á cualquier nacion, publican los periódicos oficiales de ella todos los detalles que los navegantes necesitan para reconocerla.

863. Luz de los faros. Los aparatos que forman la luz en los faros consisten en una lámpara de tres ó cuatro mechas concéntricas que reciben aire por el interior, y que llevan una chimenea de cristal, terminada por un tubo de hierro para que pueda alargarse ó acortarse, y variar el tiro del aire: cada mecha tiene su mecanismo particular para hacerla mover (839), y llega á ellas el aceite por medio de dos bombitas en el interior del depósito (835). Tienen estas lámparas un pequeño aparato, que consiste en un recipiente dispuesto para recojer el aceite sobrante, haciéndole salir por su parte superior cuando está demasiado lleno, y por un pequeño agujero que hay en el fondo: si se descomponen las bombas y no sube bastante aceite, cae poco al recipiente, y se va vaciando hasta que llega el caso de hacerse mas ligero que un contrapeso unido á él por medio de una palanca; en tal caso suelta el muelle de una campanilla sostenida por un ganchito, la que advierte al vigilante. La intensidad de la luz en una de estas lámparas de 4 mechas se supone igual á 17 de las comunes de Cárcel ó de resorte (836), y la intensidad de los destellos en los aparatos de primer orden suponen los constructores que equivale á 4000 lámparas de las mismas de Cárcel; nos parece muy exajerado este número. La luz de un faro tarda á veces mas de una hora en tomar toda la intensidad que debe tener, á causa de la dificultad con que

arden las mechas, demasiado impregnadas de aceite, y además porque es necesario algun tiempo para arreglarlas completamente; por esta razon se deben encender los faros antes de la noche, para que alumbren con toda su intensidad, cuando oscurece completamente.

866. Faro completo. Un faro completo se compone; de una torre elevada con habitaciones para los vigilantes, almacenes y demás dependencias; en la parte superior de esta torre se coloca un aparato compuesto de linterna y anillos en sus estremos para aprovechar toda la luz; esta linterna lleva su lámpara correspondiente, debiendo tener una de repuesto para cambiarla instantáneamente en caso de avería; la linterna debe estar rodeada de otra compuesta de fuertes cristales y aun de alambreras para evitar á las lentes un golpe del esterior, frecuentes, sobre todo por una tempestad que produzca piedra, y aun por las aves que atraidas por la luz se precipitan sobre el faro: debe tambien tener cortinas al esterior de las lentes, para evitar que la refraccion de los rayos del sol por ellas, acumule calor en el foco, y haga arder los cuerpos que puedan estar en él. La forma y los materiales de una torre de faro varian segun las circunstancias: si están en las costas y en puntos donde el mar no llega, tienen solo que resistir al viento; pero si además están en puntos donde las aguas pueden llegar á ellos, es necesario que su forma sea la conveniente para resistir al choque de las olas de un mar tempestuoso; es preciso tambien que los materiales y los cimientos ofrezcan toda la seguridad necesaria, y además que las aguas no entren al interior, para lo cual las puertas y ventanas se han de construir á la conveniente altura, y bien cerradas: como ejemplo de estos faros puede citarse el de Bell-Rock, situado en alta mar á 4 leguas de la costa de Escocia, sobre un islote de roca que se cubre cuando sube la marea, casi en totalidad; este faro es de piedra, y tiene las puertas y ventanas á mucha altura sobre el suelo: es un modelo de construccion, tanto por las dificultades que ha ofrecido, como por lo atrevida; hay que abastecerle para algunos meses, pues en los de invierno es peligroso generalmente llegar á él. Es bastante comun aprovechar los edificios construidos en las costas para colocar los faros en su parte mas elevada, por ejemplo, en los puntos fortificados se ponen sobre uno de los baluartes ó torreones de la parte del mar.

867. Ordenes de los faros. Los faros se han dividido en 4 órdenes, segun la distancia á que hacen llegar la luz; pero esta varía mucho con el estado de la atmósfera y la altura del observador, pues la forma de la tierra hace que no se perciba la luz á cierta distancia sino elevándose sobre la superficie ó estando la luz elevada; por esta razon los faros deben colocarse á bastante altura tambien, sobre el nivel del mar, y para conseguirlo, se construyen sobre torres elevadas. Siendo la altura la conveniente y en las noches en que las condiciones atmosféricas son á propósito, aseguran los navegantes haber visto la luz de ciertos faros á mas de 15 leguas de distancia, ó sean 45 millas; acaso haya exajeracion, pero en una noche despejada, es indudable que el destello ó el paso de la lente en un faro de primer orden, se podrá distinguir á una distancia muy grande. Tambien se diferencian los faros unos de otros por la distancia á que son visibles, pues sabiendo que el de un punto es por ejemplo de primer orden y otro inmediato es de cuarto, se distinguirá el primero del segundo, porque se habrá visto antes su luz.

868. Tabla. La tabla siguiente, que dan los constructores de faros, contiene datos sobre ellos que evitan entrar en varios pormenores: al precio marcado en la tabla habrá que añadir varios gastos de colocacion, y naturalmente el coste de la torre ó edificio donde haya de establecerse.

Orden.	ESPECIE DE LUZ.	Diámetro interior de la linterna, en metros.	Intensidad del destello en lámparas de Carcel.	Altura á que se supone el observador sobre el nivel del mar, en metros.	Distancia á que son visibles en millas marinas.	Precios con sus accesorios en francos.	Aceite que consumen por hora en gramos.	Gasto anual para la luz, en francos.	Número de vigilantes necesarios.
1.°	Fija..............................	1,84	450	15	20	24500	750	8000	3
1.°	Con eclipses; 8 lentes.........	1,84	4000	15	28	30000	750	8000	3
1.°	Con eclipses; 16 medias lent.	1,84	2000	15	24	30000	750	8000	3
1.°	Fija; con destellos.............	1,84	2800	15	24	33000	750	8000	3
2.°	Fija..............................	1,40	200	10	16	16000	500	6000	2 ó 3
2.°	Con eclipses....................	1,40	1200	10	18	21000	500	6000	2 ó 3
2.°	Fija; con destellos.............	1,40	1200	10	18	23500	500	6000	2 ó 3
3.°	Grandes; fija....................	1,00	65	5	14	8000	190	4000	2
3.°	Grandes; con destellos........	1,00	380	5	15	13000	190	4000	2
3.°	Pequeños; fija...................	0,50	35	5	12	4000	120	3500	1 ó 2
3.°	Pequeños; con destellos......	0,50	200	5	14	7000	120	3500	1 ó 2
4.°	Grandes; fija....................	0,375	20	3	10	2500	60	1200	1
4.°	Grandes; con destellos.......	0,375	120	3	12	5000	60	1200	1
4.°	Pequeños; fija...................	0,30	10	3	9	1700	45	900	1
4.°	Pequeños; con destellos......	0,30	90	3	10	3600	45	900	1

869. Faros en España. Damos á continuacion una tabla de los faros que existen en España en el dia, indicando tambien sus principales circunstancias; y tomando la situacion por el meridiano del observatorio de San Fernando, entendiéndose las longitudes al Este desde el cabo de Creux hasta Tarifa inclusive, y desde el cabo de Peñas hasta el de la Higuera y las demás al O.: los faros hasta Tarifa inclusive están en el Mediterráneo, y los demás en el Océano.

Faros establecidos en España hasta fin del año de 1857.

PUNTO EN QUE SE ENCUENTRA.	SITUACION. Latitud N. ° ′ ″	Longitud. ° ′ ″	ESPECIE DE LUZ.	ESPECIE DE APARATO.	INTERVALO DE LOS DESTELLOS Y ECLIPSES.	ELEVACION DE LA LUZ SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN PIES.	ALCANCE DE LA LUZ EN MILLAS.
Cabo de Creux	42 18 45	9 31 33	Fija; destellos	Catadiopt. 3.er ord.	3′	312	15
Barcelona	41 22 40	8 23 18	Fija; color rojo	»	»	65	7 ½
Llobregat	41 19 12	8 21 8	Giratoria	2.° orden	30″	116	18
Tarragona	41 6 00	7 27 00	Fija	»	»	59	14
Salou	41 3 50	7 21 8	Fija	»	»	30	8
Cabañal de Valencia	39 28 50	5 52 18	Fija	»	»	55	8
Grao de Valencia	39 28 20	5 52 18	Fija	»	»	40 ½	»
Cabo de San Antonio	38 48 30	6 24 42	Giratoria	Cat. 2.° orden	30″	625 ½	19
Villajoyosa	38 30 30	6 1 8	Fija	»	»	50	5
Cabo de las Huertas	38 20 30	5 49 38	Fija	Cat. 4.° orden	»	134	10
Alicante	38 19 10	5 44 45	Fija; color rojo	4.° orden	»	29	2
Isla Tabarca	38 10 13	5 45 38	Fija; destellos	Cat. 3.er orden	2′	99	11
Cartajena	37 35 30	5 13 38	Fija	Cat 4.° orden	»	135	10
Málaga	36 43 25	1 46 38	Con eclipses	Reflectores	»	136	12
Algeciras	36 7 19	0 46 8	Fija verde	»	»	50	5
Tarifa	36 00 00	0 35 38	Fija	Cat. 1.er orden	»	142 ½	20
Cadiz	36 31 10	0 6 38	Fija; destellos rojos.	Cat. 2.° orden	2′	157 ½	20
Guadalquivir. Malandar	»	»	Fija	»	»	39 ½	6
Guadalquivir. Bonanza	36 46 20	0 9 37	Fija	»	»	57 ½	7 ½
Guadalquivir. Espiritu Santo.	»	»	Fija; roja	»	»	»	»

Chipiona	36 44 15	0 13 30	Fija	»	»	76	8
Huelva (2 luces)	37 13 22	0 39 18	Fija y variable	»	»	»	3
Vigo	42 15 16	2 28 46	Fija; destellos	Cat. 4.° orden	3′	112	12
Islas Cies	42 12 23	2 41 50	Giratoria	Cat. 2.° orden	1′	650	20
Isla Arosa	42 34 8	2 39 42	Fija	Cat. 4.° orden	»	42	7
Isla Salvora	42 27 50	2 48 7	Fija; destellos rojos.	4.° orden	2′	90	10 ½
Corrobedo	42 34 38	2 52 32	Fija	Cat. 3.er orden	»	115	11 ½
Finisterre	42 52 39	3 3 8	Giratoria	Cat. 1.er orden	30″	512	20
Camariñas	43 9 50	3 0 42	Fija	4.° orden	»	246	10
Islas Sisargas	43 21 50	2 37 57	Fija; destellos rojos.	Cat. 4.° orden	4′	392	11
Coruña	43 23 0	2 11 52	Fija; destellos	Cat 3.er orden	3′	363 ½	20
Cabo Prioriño	43 27 50	2 8 17	Fija; destellos rojos.	4.° orden; grande	2′	101 ½	11
Cabo Prior	43 33 40	2 6 53	Fija	Cat. 3.er orden	»	490	15
Estaca de Vares	43 47 30	1 21 8	Giratoria	Cat. 1.er orden	1′	335	20
Cabo de Peñas	43 42 20	0 22 28	Giratoria	Cat. 1.er orden	30″	370	21
Gijon	43 35 13	0 34 14	Fija	»	»	183	10
Santander	43 30 15	2 25 10	Giratoria	2.° orden	1′	326	24
Castro-Urdiales	43 24 10	2 56 10	Fija; destellos rojos.	4.° orden; chico	3′	143	7
Punta de la Galea	43 22 36	3 8 14	Fija	4.° orden	»	416	10
Cabo Machichaco	43 28 0	3 22 50	Fija; destellos	Cat. 1.er orden	4′	283	18
San Sebastian	43 19 28	4 11 50	Fija; destellos	Cat. 3.er ord. grand.	2′	468	15
Pasages	43 20 21	4 15 43	Fija	Cat. 4.° orden	»	532	14
Cabo de la Higuera	43 23 35	4 25 17	Fija	Cat. 4.° orden; chico	»	312	7

Hay además 6 faros en las Islas Baleares, uno de ellos de luz giratoria de primer orden, dos en la costa de Africa, 7 en la Isla de Cuba, de los cuales son 2 de primer orden, 1 en la Isla de Puerto-Rico, y 4 en Filipinas.

870. Comparacion de alumbrados. Terminamos el capitulo sobre alumbrado, con una tabla en que presentamos el resultado de nuestros esperimentos sobre la intensidad de diferentes luces y su precio: hemos tomado por unidad la luz de una vela de cera de á cuarteron, porque es el alumbrado que nos ha dado la luz menos intensa entre los que se emplean generalmente: hemos medido la intensidad repetidas veces con el fotómetro de Wheatstone (*fig.* 447) y el de sombra (*fig.* 446), tomando un medio entre los resultados; las dimensiones marcadas son de los aparatos que mas comunmente se emplean, y los precios se han fijado por los de Madrid, tomando el precio medio de los diferentes, en varias épocas ó en diversas calidades de combustible; pero es evidente que si varian estos, ó las dimensiones de los aparatos, variarán tambien los resultados: sin embargo, de la misma tabla podremos deducir estos resultados para distintos precios por medio de sencillos cálculos. No hemos ensayado algunos aparatos de los que dejamos descritos, porque no se usan en el dia, sobre todo en España. En el alumbrado de gas no es fácil hacer cálculos exactos, pues la cantidad que un pico puede consumir por hora, depende de muchas circunstancias, y sobre todo de la presion, que suele ser variable; pero segun las observaciones que hemos tenido ocasion de hacer, y los datos adquiridos, puede contarse que un pico de un solo orificio llamado *bujía*, de las dimensiones ordinarias, consume á *toda presion* 6 pies cúbicos por hora; un surtidor de *mariposa* ó *abanico*, de los llamados número 2, 3 ó 4, consume de 7 á 10 pies cúbicos; un pico de agujeritos ó *plumero* (851) del número 4 con boton ó sin él, 10 pies cúbicos: hemos puesto en la tabla un término medio en el de abanico número 3. En la primera columna se encuentra el nombre del combustible ó del aparato en que se ha quemado, y en la segunda la cantidad ensayada; en la tercera están las dimensiones de los aparatos, y en la cuarta el tiempo que ha tardado en quemarse la cantidad espresada en la segunda columna; la quinta marca los precios que hemos fijado para el cálculo, que variarán frecuentemente y con ellos los resultados; la sesta columna presenta los números obtenidos con los fotómetros, tomando 100 por unidad; la séptima es el precio de alumbrado en una hora, encontrado dividiendo los precios de la quinta por los tiempos de la cuarta; la octava tiene el precio de la unidad de luz por hora, que se encuentra por medio de proporciones, pues si la intensidad de luz que indica la sesta columna cuesta el precio indicado en la séptima, la unidad, que es 100, dará los números de la octava; finalmente, en la novena columna está el precio relativo de la unidad de luz en los diferentes combustibles ó aparatos, reduciendo á 100 el precio de la unidad de luz por medio de proporciones, pues si 5,62, que es el precio de la unidad por hora, se reduce á 100, que es la unidad, otro precio de la octava columna se reducirá al correspondiente de la novena. Con la esplicacion anterior se podrán encontrar los números correspondientes á otros datos distintos de los que hemos fijado en la tabla.

COMBUSTIBLES Ó APARATOS.	CANTIDAD DE COMBUSTIBLE.	DIMENSIONES.	Tiempo que dura la cantidad marcada de combustible, en horas y minutos.	Precio del combustible.	Intensidad de la luz.	Precio de una hora, en maravedises.	Precio de la unidad de luz por hora, en maravedises.	Precio relativo suponiendo 100 el de la unidad de luz.
Cera	Una vela de cuarteron.	»	15 8	10 rs. libra.	100	5,62	5,62	100
Cera sin despabilar	Una vela de cuarteron.	»	»	»	37	5,62	15,19	270
Sebo	Una vela de 7 en lib.	»	6 34	2 rs. 24 mrs. lib.	184	2	1,09	19
Sebo sin despabilar	Una vela de 7 en lib.	»	»	7 rs. libra.	32	2	6,25	111
Cera vejetal	Una vela de 6 en lib.	»	7 49	24 rs. libra.	195	3,08	1,58	28
Bujías esteáricas	Una vela de 8 en lib.	»	5 22	2 rs. libra.	176	5,54	3,11	55
Bujías de esperma	Una vela de 6 en lib.	»	5 38	2 rs. libra.	154	24,14	15,68	279
Lamparilla de cerilla sobre corcho	Una libra de aceite	»	82 56	2 rs. libra.	70	0,82	1,16	21
Velon antiguo, torcida de algodon	Una libra de aceite	Mecha de 12 hilos	51 28	2 rs. libra.	153	1,32	0,86	15
Velon de mecha plana	Una libra de aceite	Mecha de 19 milímetros	33 20	2 rs. libra.	278	2,04	0,76	14
Velon de mecha circular	Una libra de aceite	Mecha de 14 mil. de diam.	25 16	2 rs. libra.	789	2,70	0,34	6
Velon de resorte	Una libra de aceite	Mecha de 2 cent. de diam.	9 12	2 rs. libra.	1839	7,39	0,40	7
Lámpara solar	Una libra de aceite	Mecha de 21 mil. de diam.	8 16	2 rs. libra.	2742	8,23	0,30	5
Lámpara de minero sin tubo de cristal.	Una libra de aceite	Mecha de 20 hilos	47 28	2 rs. libra.	40	1,39	3,47	62
Id. con tubo de cristal	Una libra de aceite	Mecha de 20 hilos	47 28	2 rs. libra.	54	1,39	2,57	46
Gasógeno	Un cuartillo	Mechero de 7 agujeros	42 35	4 rs. cuartillo.	925	3,19	0,35	6
Gas de hulla	1000 pies cúbicos	Mechero de abanico n.° 3.	125	60 rs. 1000 p. c.	1622	16,00	0,98	17
Luz eléctrica	»	30 pares de Bunsen chicos.	»	»	21000	»	»	»

CUARTA PARTE.

MAGNETISMO.

CAPITULO I.

PROPIEDADES DE LOS IMANES.

871. Imanes. Existe en la naturaleza un óxido de hierro que tiene la propiedad de atraer de una manera muy sensible al hierro, nikel, cobalto y algun otro cuerpo, pudiendo comunicar su accion atractiva, particularmente al hierro y al acero; este óxido se llama *iman natural*, ó vulgarmente *piedra iman*, y los cuerpos á que se comunica la propiedad atractiva, son *imanes artificiales:* la fuerza atractiva de los imanes toma el nombre de *fuerza magnética;* los cuerpos que pueden ser atraidos por los imanes se llaman *cuerpos magnéticos*, y los fenómenos que resultan de estas atracciones, forman la parte de la física que se denomina *magnetismo*.

872. Accion magnética. La accion magnética se ejerce á distancia, y lo mismo en el vacío que al través de los cuerpos en sus tres estados, propiedades que es muy fácil probar poniendo un iman en estas condiciones. Elevando la temperatura de un iman, va perdiendo su fuerza, y la recobra cuando se enfria: pero si se calienta al rojo la pierde completamente, y no la recobra despues de frio.

873. Imanes no permanentes. Cuando un cuerpo magnético *B* (*figura* 473) se pone en contacto de un iman *A*, queda convertido en otro iman con todas las propiedades que á este corresponden; por lo tanto, si aproximamos al cuerpo *B* otro *C* tambien magnético, le atraerá y formará de él otro nuevo iman, que á su vez comunicará la misma propiedad al *D*, y asi resultará un número de imanes tanto mayor cuanto mas fuerza tenga el iman primitivo; pero la propiedad adquirida por estos cuerpos en contacto del iman, dura solo mientras este ejerce su influencia sobre ellos, y por esta razon, si separamos el cuerpo *B* de la barra *A* pierde sus propiedades de iman, lo mismo que todos los demás y se desunen ins-

Fig. 473.



tantáneamente. Esta es la causa de que cuando se aproxima un iman á un monton de limaduras de hierro, se forman penachos bastante largos de las partículas de hierro, que convertidas en imanes se unen á otras, resultando diferentes hebras.

874. Polos. La propiedad de atraer los cuerpos no existe con igual intensidad en toda la masa de los imanes; pongamos uno de estos, natural ó artificial, entre limaduras de hierro, y estas se adhieren en dos puntos opuestos, en mayor cantidad, disminuyendo esta cantidad hasta una parte del cuerpo entre los dos puntos, que no tiene atraccion: los dos puntos ó estremos del cuerpo en que su atraccion es mas enérgica, se llaman *polos*, y á la parte que no tiene fuerza atractiva, se le da el nombre de *línea neutra*. Todo iman tiene dos polos y una línea neutra, pero á veces se presentan entre los polos algunos puntos que tienen atraccion como ellos, aunque no tan enérgica; estos polos menos pronunciados se llaman *puntos consecuentes:* consideraremos los imanes sin puntos consecuentes, que es como deben tomarse en las aplicaciones. Si un iman se parte en dos pedazos, cada uno de ellos desenvuelve dos polos como el cuerpo entero; de modo que no es posible separar los dos polos de un iman, ni tener un cuerpo que no contenga mas que uno. Si rompemos cada pedazo del primer iman, sucederá lo mismo.

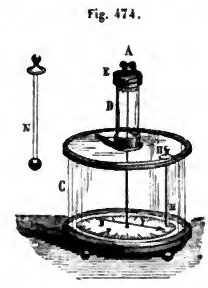
875. Nombre de los polos. Colocado un iman suspendido ó apoyado en su centro de gravedad de modo que pueda girar libremente, le veremos quedar en reposo siempre en una misma posicion, que será con pocas diferencias la direccion del meridiano de la tierra (111): si estando en esta posicion se aproxima otro iman de modo que en los dos se pongan juntos los polos que estaban hácia el mismo punto de la tierra, veremos que los dos imanes se repelen; y si se ponen de modo que los polos que se dirigian hacia diferente lado sean los que están juntos, veremos que se atraen. De estos esperimentos se deduce que la tierra ejerce una influencia sobre los imanes como si ella misma fuera un iman con sus polos magnéticos próximos á los polos geográficos, y que el polo que tenga en un iman las mismas propiedades que el del Norte de la tierra se dirigirá al Sur, y vice-versa, puesto que en dos imanes hemos visto se repelen los polos de igual propiedad: por esta razon se han llamado *polo Norte* y *polo Sur* los de un iman, siendo Norte el de la parte del cuerpo que se dirije al Sur de la tierra, y Sur el del lado opuesto; y se ha enunciado la propiedad de atraerse ó repelerse dos imanes, diciendo que los polos del mismo nombre se repelen y los de nombre contrario se atraen.

876. Esplicacion de los fenómenos magnéticos. Los fenómenos magnéticos se han esplicado, suponiendo que todos los cuerpos tienen dos fluidos llamados boreal y austral, que tienen la propiedad de atraerse, encontrándose combinados al rededor de cada molécula, con una fuerza que puede ser vencida, y entonces cada fluido se viene á colocar á diferente lado en cada una de ellas, por lo que hay en el cuerpo tantas fuerzas como tenga moléculas, estando todas estas fuerzas en dos direcciones opuestas, las cuales forman dos sistemas que tienen dos resultantes, siendo los polos sus puntos de aplicacion. Si cesa la fuerza que separa los fluidos, se recomponen, y el cuerpo queda en su estado natural, habiéndose dado el nombre de *fuerza coercitiva* á la que oponen los fluidos á separarse cuando están unidos, ó á unirse cuando están separados. Segun

esto, los fluidos existen en las moléculas, pero no los trasmiten ni de una á otra ni tampoco de un cuerpo á otro, y lo que se verifica en la imantacion de un cuerpo bajo la influencia de otro, es la separacion del fluido natural que el primero contiene, sin que el segundo pierda nada de su fuerza; si la separacion continúa despues que cesa la accion del iman, el cuerpo queda formando un nuevo iman; pero si cesa, reuniéndose los dos fluidos, el cuerpo queda en su estado natural.

877. Ley de las atracciones y repulsiones. Se ha observado que los imanes ejercen accion sobre todos los cuerpos, pero repulsiva ó atractiva segun los diferentes cuerpos sobre los que se ejerce esta accion; y así se ha llamado *cuerpos magnéticos* á los que son atraidos, y *cuerpos diamagnéticos* á los repelidos. La ley de las atracciones y repulsiones de los imanes, ha sido estudiada por Coulomb, y ha encontrado que se ejercen en *razon inversa del cuadrado de la distancia;* para ello se ha valido de dos diferentes métodos: el uno, llamado de las *oscilaciones*, está reducido á hacer oscilar una barra imantada, primero libre y luego bajo la influencia de otro iman á diferentes distancias, deduciendo por el cálculo segun el número de oscilaciones, la ley que hemos enunciado; tambien se emplea este método para observar la accion de los imanes sobre todos los cuerpos. El otro medio de observacion es el de *la balanza de torsion*, llamada tambien balanza de Coulomb (*fig.* 474), la cual se compone de un alambre muy delgado de plata ó platino, sujeto en un punto *A* y que sostiene en el otro estremo una aguja *B*, la cual gira venciendo la resistencia del alambre á la torsion, y señala sobre un círculo *P* graduado: todo va cubierto con un cilindro *C* que sostiene á otro *D*, los cuales son de cristal, y evitan los movimientos de la aguja por la accion del aire esterior. Para hacer la observacion, se pone en *B* una aguja imantada y se da vuelta á la pieza *E*, que es móvil y graduada, hasta que se encuentre marcando cero: despues se va dando vuelta á la campana *C*, hasta que la aguja *B* marque tambien cero sobre el círculo *P* inferior: en este caso, la accion de la tierra sobre el iman habrá torcido el alambre, y para hacer que la aguja tenga su posicion natural y el alambre no esté retorcido, se quita la aguja *B* y se pone otra que no sea magnética, y como la tierra no tiene accion sobre ella, quedará en otra posicion distinta de la que tenia la magnética, pues el alambre no tiene fuerza ahora que le haga retorcer: cuando la nueva aguja queda fija, se da vuelta á todo el tubo *D* para ponerla en el cero; de este modo, volviendo á colocar la aguja magnética en *B*, se la tiene en su posicion natural y el alambre está sin ninguna torsion: preparado así el aparato, es necesario ver qué torsion produce en el alambre la accion de la tierra sobre la aguja por 1 grado que esta se mueva en el círculo *P*, y para ello se hace girar la pieza *E* hasta que la aguja se mueva 1 grado en *P*; anotando cuántos grados ha recorrido la pieza *E*, se la vuelve al cero y se introduce un iman *H* por una abertura que tiene la tapa del cilindro mayor, de modo que los polos del mismo nombre de este iman y de la aguja *B* sean los que están en presencia . en tal caso la aguja *B* es repelida, y la fuerza de repulsion estará medida por el nú-

Fig. 474.

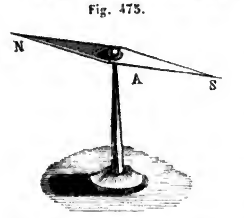


mero de grados que la aguja *B* marca, mas tantas veces lo que se desvía por la accion de la tierra para cada grado, como número de estos se haya desviado la aguja: si ahora se mueve la pieza *E* de modo que la aguja marque la mitad de grados que antes, tendremos medida la fuerza de desviacion que el iman *H* produce, por la mitad de los grados que antes producia, mas tantas veces la accion de la tierra por 1 grado, como sean los que marca, que son la mitad de los que antes marcaba, mas los grados que marque la pieza *E*, y haciendo el cálculo se encontrará que este número es cuádruplo del anterior, como debe ser si es cierta la ley que antes hemos enunciado. Como ejemplo vamos á dar los números que hemos obtenido en un esperimento hecho. La torsion del alambre por cada grado de *P* era 32 grados en *E*; la aguja en su posicion natural y sin torsion el alambre, introducido el iman *H*, se desvió 14 grados, de modo que la fuerza de repulsion era, segun lo que antes hemos dicho, $14+32\times14=462$: para que la aguja marcara 7 grados, mitad de los 14, se movió el disco superior *E* y dió 4 vueltas enteras, y además marcó 172°; luego son $360\times4+172=1612$ grados: de modo que la fuerza de repulsion era en este caso $7+32\times7+1612=1843$, cantidad que es próximamente cuádrupla de 462, como debe resultar, pues á mitad de distancia, corresponde 4 veces mas fuerza de repulsion. Estos esperimentos exijen mucha paciencia, y aun de este modo resulta siempre algun error, indispensable por varias causas.

878. Imantacion. Los imanes artificiales son barras de acero de diferentes formas, que adquieren las propiedades magnéticas por la influencia de otros imanes naturales ó artificiales, ó por la accion de la tierra, ó por otras causas que examinaremos al tratar de la electricidad.

879. Imantacion por otros imanes. La imantacion por la influencia de otros imanes, se efectúa de tres maneras: por *simple* ó *doble contacto*, y por *contacto separado*. El acero segun su temple toma diferente fuerza magnética, y tambien segun la de los imanes que se emplean para producirla; pero hay un límite de imantacion en cada barra, que cuando ha llegado á él se dice que está imantada *á saturacion*. Las piezas que se imantan tienen la forma de barras, y tambien de rombos de ángulos muy agudos, que toman el nombre de agujas, *A* (*fig.* 475), en cuyas puntas deben estar los polos, y con esta forma se marca muy bien su direccion.

Fig. 475.

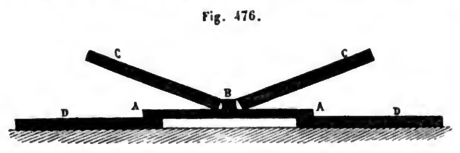


880. Por simple contacto. El método de simple contacto está reducido á frotar de un estremo á otro la barra que se ha de imantar, con uno de los polos de un fuerte iman, y siempre en la misma direccion; pero este método produce imanes de poca fuerza, y con puntos consecuentes á veces: solo debe emplearse para imantar piezas pequeñas.

881. Por doble contacto. El método de doble contacto se reduce á colocar sobre la barra que se ha de imantar *A* (*fig.* 476), dos imanes *C* de fuerzas iguales, formando un ángulo de 15 á 20° con ella, y de modo que sean dos polos contrarios los que estén sobre la barra, y separados por un pedacito de madera *B*: en

esta posicion se frota desde el centro á un estremo y luego desde el mismo centro al otro estremo, repitiendo siempre del mismo modo esta operacion, para que las dos mitades de la barra sean frotadas el mismo número de veces. Suelen añadirse otros dos imanes de igual fuerza *D*, cuyos polos opuestos estén de frente, y sobre ellos se pone la barra haciendo las fricciones como se ha dicho, pero cuidando de que estén los polos de igual nombre en los imanes *C* y *D* sobre la misma mitad de la barra *A*. Este método desarrolla mucha fuerza magnética, y se emplea por tanto para barras de gran tamaño, pero suelen resultar tambien con frecuencia puntos consecuentes.

Fig. 476.

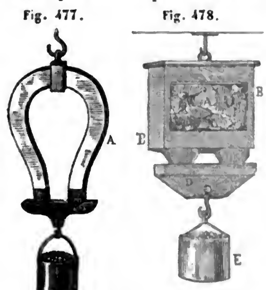


882. Por contacto separado. El contacto separado consiste en colocar verticalmente dos imanes sobre el centro de la barra, de modo que los polos opuestos se toquen: se les separa en seguida frotando la barra hasta los estremos, y se repite siempre la misma operacion: tambien se suelen colocar en este caso los dos imanes para poner la barra encima como en el método del doble contacto (881). La imantacion por este medio es la mejor.

883. Imantacion por la accion de la tierra. Puede imantarse el hierro por la accion de la tierra, y para conseguirlo se pone una barra apoyada por su centro de gravedad, y en la misma posicion que tomaría si estuviera imantada: la poca fuerza coercitiva de este metal, es causa de que se produzca la imantacion, pero tambien lo es de que sea poco estable: el acero no se imanta de este modo, porque la accion de la tierra no basta á vencer su mucha fuerza coercitiva.

884. Cambio de polos. Ocurre alguna vez cambiar los polos de un iman, esto es, hacer que el polo Norte se convierta en polo Sur, y al contrario, esto se logra frotando la barra ó aguja con dos imanes como en el método del doble contacto (881), cuidando de que los polos de los imanes froten la parte de la barra que lleva el polo del mismo nombre.

Fig. 477. Fig. 478.



885. Armaduras. Para utilizar la fuerza de los dos polos en los imanes, suelen disponerse las barras en forma de herradura, y con el objeto de tener un iman de mucha fuerza, se colocan varias barras ó herraduras *A* (*fig.* 477) sobrepuestas, y resulta un iman que si bien no tiene la suma de fuerzas de las barras que le componen, por la repulsion que se produce entre sus polos del mismo nombre juntos, la tiene mayor cuantas mas sean estas; la barra del centro suele hacerse mas larga para evitar en parte la fuerza de repulsion de los polos y dar mayor fuerza á la masa. Los imanes naturales *A* (*fig.* 478) se colocan en *armaduras* ó cajas de hierro *B*, terminadas en dos piezas ó partes salientes á las que se une

otra *D* que sostiene un peso; la armadura se hace iman bajo la influencia del iman natural, y obrando uno sobre otro se aumenta su fuerza, haciendo lo mismo con la pieza *D*. Todos los imanes, ya sean naturales ó artificiales, deben estar en accion, y de este modo la fuerza se hace cada vez mayor, por lo cual es conveniente ir aumentando el peso que soportan hasta que se llegue al límite de carga que pueden sostener.

CAPITULO II.

ACCION DE LA TIERRA SOBRE LOS IMANES.

886. Accion solo de posicion. Ya hemos visto que un iman colocado de manera que pueda girar libremente, toma siempre la direccion del meridiano de la tierra próximamente (875); pero esta accion que ejerce la tierra es solo para determinar la posicion, pues si se pone una aguja imantada sobre un pedazo de corcho encima de agua, la veremos colocarse en la direccion Norte Sur, pero el corcho no se dirigirá á ninguno de estos puntos; es decir, que no habrá atraccion hácia uno de los dos polos.

887. Meridiano magnético. Se llama *meridiano magnético*, la seccion en la superficie del globo por un plano que pasa por su centro y por los dos polos de una aguja magnética colocada sobre su centro de gravedad, y que puede girar libremente (*figura* 475), siempre que no haya algunos cuerpos inmediatos que influyan sobre su posicion.

888. Declinacion. El meridiano magnético y el de la tierra en el punto donde se hace la observacion rara vez coinciden, y al desvío que resulta en la aguja se llama su *declinacion*, que será unas veces *oriental* y otras *occidental*, pues en efecto, el ángulo que forma el meridiano magnético con el terrestre, que se llama *ángulo de declinacion*, se forma á diferente lado de este último meridiano en distintos puntos del globo: segun esto, los polos magnéticos no coinciden con los de la tierra. La declinacion es muy variable, y la línea trazada sobre la superficie del globo, pasando por todos los puntos en que no hay declinacion, forma una curva enteramente irregular y que varía de posicion, pues en el año de 1663 pasaba por París, y despues no pasa. Tambien varía la declinacion para el mismo punto en diferentes épocas; observado el ángulo de declinacion desde 1580 en París, se ha visto que en aquella época era de 11° 34′ al Este y en 1663 era cero, como hemos dicho; en 1814 llegó á 22° 30′ al Oeste, y en 1851 era de 20° 25′ tambien al Oeste. Se ha dicho que durante el año varia la declinacion, dirigiéndose la aguja algo hácia el Este en primavera y hácia el Oeste en las demás estaciones, pero esto necesita mas estudio. Durante el dia hay tambien variaciones, aunque pequeñas, dirigiéndose la aguja en nuestros climas hácia el Oeste por la mañana, hácia el Este por la tarde y otra vez al Oeste durante la noche; en París las variaciones diurnas observadas han sido, término medio, de 13 á 15′ en los meses de verano y de 8 á 10 en los de invierno, siendo el máximo del año 25′ y el mínimo 5. La declinacion varía tambien por la influencia

de ciertos fenómenos naturales, como son el rayo, las erupciones volcánicas y las auroras boreales, produciendo este último fenómeno variaciones en la aguja muchas horas antes de verificarse.

889. Brújula de declinacion. Para medir la declinacion se hace uso de un aparato llamado *brújula de declinacion* (*fig.* 479), que consiste en un círculo graduado en cuyo centro se coloca una punta de acero que sostiene una aguja magnética: colocado el aparato de manera que la línea N. S. coincida con el meridiano terrestre, la posicion de la aguja con respecto á esta línea dará la declinacion. Si la aguja no tuviera sus polos exactamente en las puntas, será errónea la indicacion, y en tal caso es necesario correjirla; para esto debe estar la aguja colocada en un soporte *A* (*fig.* 480), de ágata ú otra piedra dura, pero de modo que pueda separarse de él: supongamos una aguja tal como la *CD* (*figura* 481), que tiene sus polos en *A* y *B;* colocada sobre el soporte, tomará una posicion tal, que los

Fig. 479.

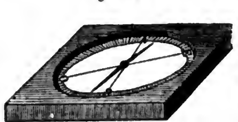


Fig. 480.

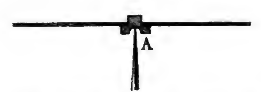


Fig. 481.



polos estarán sobre el meridiano magnético *SR*, y los puntos *C* y *D*, no marcarán este meridiano, y sí una línea que forma con él un ángulo *DOR;* demos vuelta á la aguja sobre el soporte de modo que la parte superior quede hácia abajo, y entonces tomará la posicion *HE*, porque los polos estarán sobre el mismo meridiano *SR;* pero las puntas marcarán una línea que formará con este un ángulo $EOR=DOR$ al lado contrario de la *SR*, de modo que el meridiano magnético formará con el terrestre un ángulo medio entre los dos que da la aguja: si, por ejemplo, ésta marca 20°, y la volvemos y marca 22°, el meridiano magnético formará con el terrestre un ángulo de $(20+22):2=21°$. Estas brújulas son las que se emplean tambien para orientar los planos y mapas, para operaciones geométricas sobre un terreno, y para la navegacion; las empleadas en este último caso se colocan suspendidas dentro de una caja que puede alumbrarse de noche, y van al lado del timon para dar á este la direccion conveniente al rumbo de la nave: la utilidad de las brújulas en tal caso es facil de conocer, pues sin ellas el navegante no tendria medio cierto de seguir la direccion que desea, y se perderia en los mares.

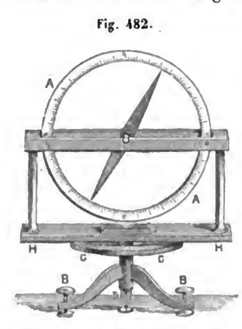
890. Líneas isógonas. Las líneas trazadas en la superficie del globo por los puntos en que la declinacion es la misma, se llaman *isógonas.*

891. Inclinacion. La aguja magnética colocada sobre un eje horizontal que pase por su centro de figura, siendo este tambien centro de gravedad, toma una posicion inclinada, formando con un plano horizontal angulos diferentes segun los distintos puntos del globo; á este fenómeno se ha dado el nombre de *inclinacion.* Partiendo del Ecuador ó de puntos inmediatos á él, en donde la inclinacion es nula, y avanzando hácia los polos, va creciendo el ángulo hasta hacerse

de un valor aproximado á 95°; siendo el polo austral de la aguja el que se encuentra abajo en el hemisferio boreal, y vice-versa: se ha dado el nombre de *ecuador magnético* á la línea que pasa en el globo por todos los puntos en que la inclinacion es cero, y *polos magnéticos* los puntos donde esta inclinacion es 90°: el ecuador magnético no es el de la tierra, pero se cortan segun parece en dos puntos opuestos y variables. La inclinacion en un mismo punto varía con el tiempo, habiéndose observado en Paris que era de 75° el año de 1671, y que desde esta época ha disminuido; siendo de 66° 35' en 1851, y pudiéndose contar en este punto una disminucion anual de 3' con corta diferencia.

892. Brújula de inclinacion. Para medir la inclinacion se hace uso de un aparato á que se da el nombre de *brújula de inclinacion* (*fig.* **482**), que consiste en un círculo *A* graduado y en posicion vertical, que tiene sostenida en el centro una aguja magnética por el de figura de esta, que es al mismo tiempo el centro de gravedad; el aparato está sobre un pie que por medio de los tornillos *B*, puede ponerse en posicion conveniente: lleva además otro círculo graduado *C* horizontal, y un nivel de aire *D*. Para hacer la observacion, se pone primero el aparato de modo que el círculo *C* esté perfectamente horizontal, lo que se consigue con los tornillos *B* y las indicaciones del nivel *D*; pero es necesario además que el plano de la aguja esté en direccion del meridiano magnético, y para conseguirlo se hace girar el aparato hasta que la aguja se coloque vertical, ó sea marcando 90° en *A*; en este caso el plano de la aguja es perpendicular al meridiano magnético, y obrando la fuerza atractiva de la tierra por una parte y por otra sobre la aguja, no puede esta inclinarse á ninguno de los dos lados; la regla *H* está en el mismo plano de la aguja, y por tanto, si vemos su posicion en el círculo *C* y hacemos que gire $^1/_4$ de vuelta ó 90° contados en *C*, la aguja estará en direccion del meridiano magnético, y marcará en el círculo *A* la verdadera inclinacion. En estas observaciones puede haber dos causas de error; una provendrá de que los polos de la aguja no coincidan con las puntas, pero esto se corrije volviéndola como en la declinacion (889): la otra causa de error puede resultar de que el centro de gravedad de la aguja no coincida con el centro de figura, y entonces, ó se hará mayor el ángulo con la gravedad si el centro está mas bajo que el de figura, ó se hará menor si está mas alto, resultando error en la indicacion lo mismo en un caso que en otro: este error puede evitarse buscando el centro de gravedad de la aguja antes de imantarla, y así se podrá fijar exactamente, pues no obrará sobre ella la fuerza magnética; si la aguja está imantada, puede tambien corregirse el error, haciendo la observacion y repitiéndola despues de haber cambiado los polos á la aguja (884); si la indicacion es la misma en los dos casos, la aguja está bien preparada, pero si hay diferencia en las dos observaciones, se toma una media entre ellas, pues la accion de la gravedad producirá en las dos, efectos iguales y contrarios, porque obra bajo el apoyo en una y sobre él en otra.

Fig. 482.



893. Líneas isoclinas. Las líneas trazadas en la superficie del globo por los puntos en que la inclinacion es la misma, se llaman líneas *isoclinas*.

894. Intensidad magnética de la tierra. Haciendo oscilar las agujas de inclinacion ó declinacion en diferentes puntos, se ha tratado de medir la intensidad magnética del globo, y aunque no hay esperimentos muy exactos, puede sin embargo deducirse de ellos, que la intensidad de la tierra disminuye elevándose en la atmósfera, acaso en razon del cuadrado de la distancia, y que aumenta alejándose del Ecuador magnético hácia los polos, donde es 1 $^1/_2$ veces mayor que en aquel, segun parece. Tambien se han observado variaciones diurnas de intensidad en un mismo punto, habiendo encontrado el máximo de esta intensidad entre 4 y 5 de la tarde, y el mínimo entre 10 y 11 de la mañana, y se ha visto además que las causas que producen perturbaciones en la inclinacion y declinacion, las producen tambien en la intensidad magnética de la tierra.

895. Líneas isodinámicas. Las líneas trazadas en la superficie del globo por los puntos en que la intensidad magnética es igual, se llaman líneas *isodinámicas*, y segun Duperrey, tienen mucha analogía con las isotermas (462).

896. Agujas astáticas. Cuando se necesitan agujas imantadas y que no ejerza influencia la accion directriz de la tierra colocándolas siempre en la direccion del meridiano magnético, pueden disponerse de varias maneras, y toman el nombre de agujas *astáticas:* lo mas comun es poner dos unidas invariablemente y paralelas (*figura* 483), pero de modo que los polos de diferente nombre estén al mismo lado; si las agujas son de igual fuerza, la accion de la tierra sobre ellas, obra de manera que el sistema será solicitado por dos fuerzas iguales y contrarias, que se destruirán; por lo tanto, á pesar de estar imantadas, podrán tomar todas las posiciones como si no lo estuvieran: pueden disponerse tambien como marca la *figura* 484. Es muy difícil obtener agujas perfectamente astáticas, porque lo es el formar dos de fuerza exactamente igual; pero á veces conviene que la tierra ejerza alguna pequeña influencia sobre ellas, y se preparan con dos agujas de fuerza poco diferente, llamándose en este caso *semiastáticas*.

Fig. 483.

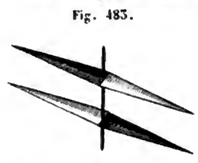


Fig. 484.





QUINTA PARTE.

ELECTRICIDAD.

CAPITULO I.

IDEAS GENERALES.

897. Electricidad. Frotando ciertos cuerpos, como el vidrio y la resina, adquieren la propiedad de atraer los cuerpos ligeros: esta propiedad, descubierta 600 años antes de Jesucristo en el ambar, por cuya causa se llamó *electricidad*, no fué estudiada en muchos siglos, pero en el dia es grande su importancia por las útiles aplicaciones que de su estudio han resultado, y por las que todavía da lugar á esperar. La electricidad es un agente que existe en la naturaleza, á cuya accion están sujetos los cuerpos, produciendo en ellos fenómenos muy variados, manifestándose de distintos modos: pero su naturaleza y origen son desconocidos, por cuya razon se han formado teorías mas ó menos probables para la esplicacion de los fenómenos que produce. Cuando se frota una barra de vidrio adquiere la propiedad de atraer los cuerpos ligeros, y si se frota una barra de resina sucede lo mismo; pero si un cuerpo ha sido tocado con una barra de vidrio *electrizada* ó frotada, será rechazado por la misma si tratamos de volverle á tocar, y será atraido por una de resina electrizada; lo mismo sucederá con la resina, pues si tocamos un cuerpo con un pedazo de ella electrizada, será repelido cuando tratemos de tocarle con la misma, y atraido si le tocamos con el vidrio electrizado: segun esto, existe atraccion entre la electricidad desarrollada en el vidrio y resina, y repulsion entre la desarrollada en el vidrio ó en la resina con ella misma. Facilmente se hacen estos esperimentos por medio de un sencillo aparato llamado *péndulo eléctrico*, que consiste en una esferita de medula de sauco, suspendida en un soporte cualquiera por medio de una hebra de seda.

898. Teoría de Franklin. Dos son las principales teorías que se han formado para esplicar los fenómenos eléctricos en general: una es debida á Franklin, el cual suponia que existe en todos los cuerpos un fluido sumamente sutil, el cual puede aumentar ó disminuir: cuando un cuerpo tiene el fluido que le corresponde, se encuentra en estado natural, y no da señales de estar electrizado; si

por una causa cualquiera, como el frotamiento por ejemplo, este fluido aumenta en el cuerpo, dará señales de estar electrizado. y lo estará por esceso ó *positivamente;* si, por el contrario, pierde parte de la cantidad de fluido que naturalmente le corresponde, da tambien señales de electricidad, y en este caso lo estará por falta de fluido, y se dice que está electrizado *negativamente:* cuando un cuerpo tiene electricidad en esceso tiende á desprenderse de ella, y cuando le falta, tiende á tomarla, y de aquí que dos cuerpos electrizados positiva ó negativamente se rechacen, y electrizados de diferente manera se atraigan.

899. Teoría de Simmer. La otra teoría es debida á Simmer, que supone que existen en los cuerpos dos fluidos, el uno que se desarrolla generalmente en el vidrio, por cuya razon le ha llamado *fluido vitreo,* y el otro en las resinas, al que ha dado el nombre de *fluido resinoso:* estos dos fluidos tienen mucha fuerza de atraccion uno sobre otro, y existen reunidos en los cuerpos formando el *fluido natural;* pero cuando se separan y un cuerpo tiene esceso de uno de los dos, se encuentra electrizado, y tiende á tomar la electricidad de nombre contrario que le falta; así se esplica la atraccion de dos cuerpos que tienen electricidades de nombre contrario, y la repulsion de dos que las tengan del mismo nombre. La electricidad de Simmer corresponde á la positiva de Franklin, por lo que se suele señalar con el signo mas (+), y la resinosa es la negativa, que se anota con el signo menos (—). De esta teoría nos serviremos para esplicar los fenómenos eléctricos.

900. Cuerpos buenos y malos conductores. Hay cuerpos que frotados no dan señales de electricidad, que reciben la que les trasmite otro cuerpo electrizado y la pierden instantáneamente, los metales por ejemplo: á estos cuerpos se les ha dado el nombre de *buenos conductores* de la electricidad, pues se supone que el fluido pasa entre sus moléculas con estrema facilidad: hay otros cuerpos que frotados dan señales de electricidad y la retienen por bastante tiempo, no recibiendo fácilmente la de los demás cuerpos; de esta clase son el vidrio y la resina, y se llaman *malos conductores* de la electricidad, por suponerse que oponen resistencia á la trasmision del fluido por entre sus moléculas: los metales, el carbon calcinado, los líquidos y las disoluciones salinas, los animales y vegetales, y todos los cuerpos que tienen humedad, son buenos conductores: las resinas, gomas, vidrio, carbon sin calcinar, seda, grasas y gases muy secos son malos conductores: pero tengamos presente que muchos de estos cuando están húmedos conducen bien la electricidad, así como de los primeros pueden ser algunos malos conductores si están secos, la madera por ejemplo. De aquí resulta que si queremos que un cuerpo buen conductor se electrice por frotamiento ó por otra causa, no lo podremos conseguir porque dejará pasar por entre sus moléculas la electricidad que vaya produciendo, que se marchará despues por los soportes del cuerpo á la tierra; pero si estos se forman de cuerpos malos conductores, la electricidad acumulada en el buen conductor se conservará por no poderse marchar por ellos y el cuerpo estará electrizado: sin embargo en este caso retendrá dificilmente la electricidad que en él se desarrolle, porque marchará por el cuerpo que la haya de desarrollar, pero retendrá la que reciba de otro cuerpo, ó la que se forme en el mismo por una causa esterior. Cuando un buen conductor está sostenido por otros cuerpos malos conductores, se dice que está *ais-*

lado, y por eso estos últimos reciben tambien el nombre de *cuerpos aisladores;* pero no existe ninguno completamente aislador, pues todos dejan pasar mas ó menos electricidad, segun la cantidad de esta que contiene el cuerpo aislado; de aquí resulta que no es posible retener indefinidamente la electricidad en un cuerpo. Hay tambien otra causa de pérdida debida al aire atmosférico, el cual deja pasar siempre electricidad, pues aunque es mal conductor, se hace bueno cuando está húmedo, y en la atmósfera siempre hay mas ó menos humedad; los esperimentos de Coulomb relativos á las pérdidas de electricidad por los soportes y el aire, han demostrado lo que dejamos dicho, habiendo hecho ver, como es fácil preveer, que el aire hace perder mas cantidad de electricidad cuando está mas húmedo, dando paso en muy poco tiempo á toda la que un cuerpo contiene, cuando está cerca de su estado de saturacion.

901. Salida por el mejor conductor. Si un cuerpo electrizado estuviera sostenido por dos cuerpos conductores, no perdería su electricidad por los dos, sino solo por el que fuera mejor conductor, á no ser que el otro presentara una superficie insuficiente para el paso de toda la electricidad: esto hace ver, que el fluido eléctrico sigue con preferencia los cuerpos que mejor le conducen.

902. Tension. La fuerza con que la electricidad tiende á salir de los cuerpos, es lo que se llama la *tension*, y la velocidad con que se propaga por los buenos conductores es sumamente grande: mas adelante nos ocuparemos de esta cuestion.

903. Electricidad por frotamiento. Hemos dicho (897) que el frotamiento produce electricidad en los cuerpos, y en efecto es uno de los medios de producirla; pero no siempre se desarrolla el mismo fluido en un cuerpo, dependiendo de varias circunstancias el que tome una ú otra de las dos electricidades: si el vidrio pulimentado se frota con un pedazo de lana, se electriza positivamente y el vidrio deslustrado negativamente; pero si el primero se frota con una piel de gato, la electricidad que toma es negativa; si se frotan dos placas de vidrio, la mas pulimentada toma electricidad positiva: los cuerpos de la siguiente lista toman electricidad positiva frotados con los que les siguen, y negativa con los que anteceden.

Piel de gato.	Pluma.	Seda.
Vidrio pulimentado.	Madera.	Goma laca.
Lanas.	Papel.	Vidrio deslustrado.

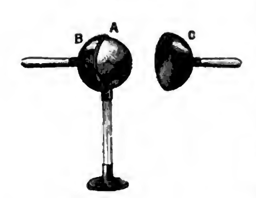
Dos cintas de seda del mismo color frotadas en cruz se electrizan, tomando la que no se mueve, electricidad negativa, y la que se mueve, positiva: si se frota una cinta blanca con otra negra, la blanca toma electricidad positiva; de dos cuerpos iguales frotados, el mas frio toma electricidad positiva: de modo que vemos influir en la clase de electricidad que un cuerpo toma por el frotamiento, el brillo de la superficie, la naturaleza del cuerpo con que se frota, su movimiento, su color, temperatura, y acaso influirán otras causas difíciles de apreciar, pues frotando dos cuerpos en circunstancias que parecen perfectamente iguales, se electrizan con diferente fluido. La cantidad de electricidad desarrollada en los dos cuerpos que se frotan, es exactamente la misma, pues si se aproximan á un péndulo eléctrico separados, veremos que le atraen ó repelen, pero aproximándolos juntos, no producirán

efecto sobre él, lo que prueba que las dos electricidades desarrolladas son en cantidad igual, pues de lo contrario la que estuviera en esceso, venceria á la otra.

904. Leyes de las atracciones y repulsiones. Dos son las leyes observadas en las atracciones y repulsiones de los cuerpos electrizados : 1.ª *que son en razon inversa del cuadrado de la distancia;* 2.ª *que son en razon directa de la cantidad de electricidad que los cuerpos contienen;* estas leyes se demuestran esperimentalmente con la balanza de torsion (*fig.* 474), del mismo modo que esplicamos para los imanes (877), pero con las diferencias que exije el caso particular : lo primero, no necesitamos observar la torsion del alambre por la influencia de la tierra, pues aquí no hay tal influencia; la aguja *B* es ahora de goma laca con un disco de oropel en uno de los estremos, que es el cuerpo repelido, el cual toma el nombre de *disco de prueba*, y el electrizado es el *N*, formado de una esfera de metal, aislada con un mango de vidrio, que se coloca en el mismo punto que pusimos el iman *H;* el disco de la aguja es atraido, toca al cuerpo electrizado quitándole una parte de su electricidad, y entonces es repelido y se anotan los grados que marca la repulsion; dando vuelta á *E* hasta que estos grados sean la mitad, veremos los andados en *E*, que serán 4 veces mas, y lo mismo resultará para otros números, lo que comprobará la primera ley. Para la segunda se observan los grados que marcan la repulsion, y despues se toca la esfera de *N* con otra tambien aislada, del mismo metal y tamaño: la esfera primera, repartiendo su electricidad entre las dos, pierde la mitad, y entonces la repulsion no será mas que de la mitad. Para estas observaciones suele ponerse la division del círculo *P* al rededor de la campana *C*, y es necesario poner dentro de ella un cuerpo que absorba la humedad del aire (434), pues de lo contrario la esfera estaría perdiendo electricidad.

905. Electricidad solo en la superficie. La electricidad se encuentra en los cuerpos solo en la superficie, como es fácil preveer, puesto que en ella la retiene el aire por su mala conductibilidad, pero se puede probar tambien esperimentalmente: supongamos una esfera metálica aislada *A* (*fig.* 485), y dos hemisferios *B* y *C* tambien metálicos, huecos, con dos mangos aisladores, y cuya capacidad sea igual al volumen de la esfera; electricemos esta esfera, y coloquemos los hemisferios como el *B*, de modo que la envuelvan; separados despues con prontitud, se encuentra que estos han quitado toda la electricidad á la esfera, prueba que ha pasado á los hemisferios. Fácil es tambien probar que el aire es el que retiene la electricidad en los cuerpos, pues si se pone uno electrizado en el vacío, pierde al instante todo su fluido.

Fig. 485.



906. Influencia de las puntas. El cálculo ha hecho ver que cuando un cuerpo esférico está electrizado, la cantidad de fluido sobre todos los puntos de la superficie es la misma; pero si se electriza un cuerpo de forma irregular, se encontrará la electricidad acumulada en mayor cantidad en la parte de menos seccion del cuerpo : sucederá lo mismo si se ponen en contacto dos esferas de diferente diámetro, de las que una esté electrizada; el fluido se repartirá, tomando la menor una cantidad mayor para superficie de igual estension. La esperiencia ha da-

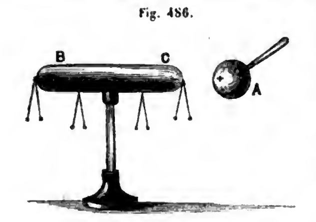
do los mismos resultados, valiéndose para obtenerlos de la aguja que se coloca en la balanza de torsion (904), para sacar con su disco de prueba, electricidad de los diferentes puntos del cuerpo irregular, ó de las esferas de distintos tamaños: colocada despues en la balanza, en presencia siempre de un mismo cuerpo electrizado *N*, la repulsion es mayor cuando el disco ha tomado electricidad de la parte del cuerpo de menor seccion, ó de la esfera menor; prueba que allí era mayor la cantidad del fluido. De esto resulta, que cuando un cuerpo conductor termina en punta, la electricidad se acumula en ella con una tension tan grande, que basta para vencer la resistencia que opone el aire, y se marcha atravesándole sin que retenga nada el cuerpo conductor: por esta razon, todos los cuerpos que han de retener electricidad es necesario que estén terminados por superficies redondeadas, pues la mas pequeña punta será suficiente para dejar paso al fluido.

CAPITULO II.

ELECTRICIDAD POR INFLUENCIA.

907. Electricidad por influencia. Si un cuerpo electrizado *A* (*fig.* 486) se coloca en presencia de otro *BC*, la electricidad natural de este se descompone, de modo que la del nombre contrario á la del cuerpo electrizado viene á la parte mas inmediata de este, y la del mismo nombre á la mas lejana, lo que se puede observar colocando péndulos eléctricos dobles, sostenidos por hilos conductores en diferentes puntos del cuerpo *BC;* en tal caso veremos que los colocados en los estremos se separan, por electrizarse las dos esferillas por el mismo fluido, disminuyendo esta separacion á medida que los colocamos mas al centro, en cuyo punto no se separan nada: para reconocer que tienen electricidades diferentes los de cada estremo, se aproxima á ellos una barra de vidrio frotado, y observaremos que los de un lado son atraidos por ella y los del otro repelidos; y como la electricidad del vidrio será positiva generalmente, el estremo en que el péndulo sea repelido tiene electricidad positiva, y donde sea atraido, negativa, lo que nos hará ver la colocacion de las electricidades en el cuerpo *BC* con respecto al *A*, sabiendo de qué especie es la de este último: el cuerpo *BC*, en que se ha descompuesto la electricidad natural, se dice que está electrizado por *influencia*. Si se pusiera otro cuerpo en presencia del *B C* hácia el lado *B*, por ejemplo, la electricidad acumulada en este punto obraría sobre él, y le electrizaría tambien por influencia. Supongamos que el cuerpo electrizado *A* se separa del *BC*, su influencia irá siendo menor, hasta que la distancia sea suficientemente grande, y entonces se hará esta influencia nula: en tal caso, las dos electricidades del *BC* se recomponen, y el cuerpo queda en su estado natural: si en lugar de alejar el cuerpo *A* le vamos aproximando, la tension

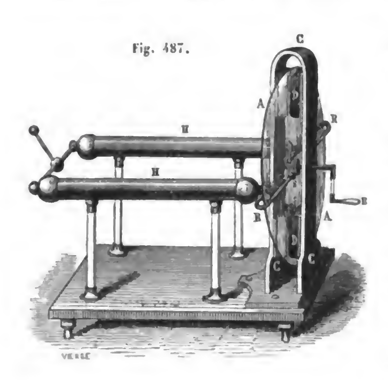
Fig. 486.



aumenta en los puntos mas inmediatos de los dos cuerpos, llegando á ser esta tension suficiente para vencer la resistencia del aire, y entonces la electricidad pasa de un cuerpo á otro en forma de chispa luminosa, produciendo un ruido mas ó menos grande, segun la cantidad de electricidad que pasa, y en el cuerpo *BC* quedará la electricidad de nombre contrario á la que ha salido. Supongamos ahora que el cuerpo *BC* tenga poca electricidad, y no pueda atravesar el aire; si le tocamos con un conductor de bastante estension, ó le ponemos en comunicacion con la tierra por la parte *B*, la electricidad positiva contenida en este punto pasará por el conductor, y cuando el cuerpo *A* se aparte del *BC*, quedará este con electricidad negativa; si la comunicacion con la tierra se establece por *C*, tendremos el mismo resultado, pero la electricidad que se quedará en *BC* será positiva: estos fenómenos serán aparentes por los péndulos del cuerpo *BC*. Los malos conductores se electrizan dificilmente por influencia, pero una vez electrizados, conservan los fluidos separados por bastante tiempo. Los fenómenos que acabamos de examinar, cuya esplicacion es tan sencilla con la teoría de Simmer, nos harán comprender otros muchos que tendremos ocasion de estudiar; son tambien aplicacion de estas propiedades varios aparatos importantes que vamos á describir.

908. Máquina eléctrica. Esta máquina, con la que podemos obtener electricidad en la cantidad necesaria para muchos esperimentos, es sumamente importante, y una de las principales en el estudio de la electricidad. Despues de ensayados varios sistemas y modificados de diferentes maneras, ha sido adoptada la siguiente, debida á Ramsden (*fig.* 487). Se compone de tres partes principales: un cuerpo frotado, otro que frota, y un conductor ó cuerpo en donde se encuentra la electricidad; el cuerpo frotado es un disco de vidrio *A* que gira sobre su centro por medio del manubrio *B*; en el montante *C*, que sostiene el disco, se encuentran 4 almohadillas *D*, opuestas dos á dos, que oprimen á este, de modo que al girar tiene que frotar con ellas; enfrente de él hay uno ó dos cilindros *H*, metálicos, huecos y aislados, de donde salen otros dos *R*, encorvados rodeando al disco lateralmente, y estos cilindros encorvados, llevan unas puntas agudas *S* hácia dentro; haciendo girar el disco por medio del manubrio, frota contra las almohadillas, y se forma electricidad positiva en él (903); esta por influencia descompone la natural de los cilindros *H*, ó sea del *conductor*, rechazando la positiva, y atrayendo la negativa, que como encuentra puntas *S* por donde salir (906), se precipita sobre el disco, recomponiendo la electricidad descompuesta en él por el frotamiento; las almohadillas se cargan de electricidad negativa, pero la pierden en seguida por no estar aisladas, de modo que tienen siempre electricidad natural; si su comunicacion

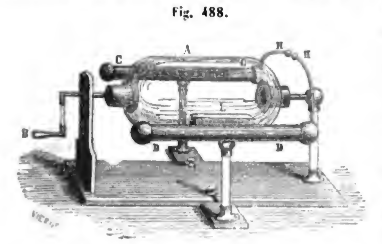
Fig. 487.



con la tierra no es perfecta, ceden parte de su electricidad al disco, y disminuyen la que este contiene; por eso suele ponerse una cadena ú otra cualquiera comunicacion desde ellas á la tierra: aproximando un cuerpo al conductor de la máquina cuando está cargado, se sacan chispas á mas ó menos distancia segun la cantidad de electricidad que contiene, descargándole completamente si el cuerpo que se aproxima es buen conductor, y no está aislado. Las almohadillas suelen ser de badana, henchidas de pelote ó crin, y se frotan con oro musivo (deuto-sulfuro de estaño), pues de este modo la electricidad producida es en mayor cantidad, acaso por verificarse alguna reaccion química: tambien suelen frotarse con una amalgama en polvo fino, de zinc, estaño y bismuto con mercurio: se hacen tambien las almohadillas de tabla con una badana gruesa encima, sobre la que se pone una hoja de estaño, y se cubre todo con tafetan, que es el cuerpo que frota; haciendo adherir estas almohadillas al disco por medio de tornillos, y frotadas con el oro musivo, producen muy buen efecto. Si se aislara la máquina poniendo sus pies sobre resina ó vidrio, y se hiciera comunicar el conductor con la tierra, se cargaría toda la madera con la electricidad negativa desarrollada en las almohadillas. Los pies del conductor, que son de vidrio, suelen perder mucha electricidad si no se tiene cuidado de limpiarlos frecuentemente, pues el aire deposita humedad en ellos, y los hace conductores; tambien debe calentarse el aire al rededor de la máquina, si está húmedo, para que dilatado no deposite vapor que haga perder parte de su electricidad al conductor por los soportes, ó al disco por las almohadillas; á pesar de todas estas precauciones, hay pérdidas que provienen de los aisladores, del aire húmedo que rodea el conductor, y de la electricidad que de las almohadillas pasa al disco, pues llega el caso de que la tension de la electricidad desarrollada en las almohadillas puede vencer la resistencia que la poca conductibilidad del vidrio opone á la recomposicion del fluido natural, y en tal caso se van combinando los fluidos desarrollados en las almohadillas y el disco, y no aumenta el del conductor. Cuando es necesario mayor cantidad de electricidad, se añade un nuevo conductor aislado, y puesto en comunicacion con el de la máquina; de este modo no se aumenta la tension, pero sí la cantidad con la superficie mayor del depósito.

909. Máquina de Nairne. Otra máquina eléctrica debida á Nairne, muy semejante á la descrita, tiene sin embargo la ventaja de poder dar las dos electricidades á la vez (*fig.* 488): consiste en un cilindro *A* de vidrio, colocado horizontalmente sobre dos soportes, y que puede girar alrededor de su eje por medio del manubrio *B*; á cada lado tiene un conductor *C* y *D* sobre pies aisladores, el *C* con puntas frente al cilindro de vidrio, y el *D* con una almohadilla de badana *L* henchida de crin: haciendo girar el cilindro, frota contra la almohadilla y se carga de electricidad positiva, atrayendo por las puntas la negativa de *C*, dejándole cargado de electricidad positiva; pero la almohadilla se carga de electricidad negativa que pasa al

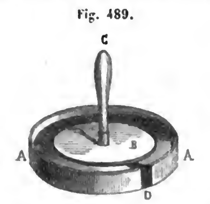
Fig. 488.



conductor *D*, á que está unida, y de este modo se encuentra diferente electricidad en cada uno de los dos conductores y en los estremos *H* de la máquina.

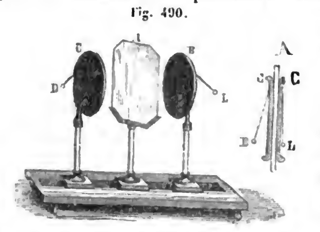
910. Electróforo. Un aparato sencillo para obtener chispas eléctricas con facilidad es el *electróforo* (*fig.* 489), que consiste en una caja circular *A* que contiene resina, formando una torta de superficie perfectamente lisa: sobre ella se coloca un disco *B* de cualquier cuerpo buen conductor, como metal ó madera cubierta por una hoja de estaño; este disco tiene un mango aislador *C*: frotando la resina con una piel de gato, se carga de electricidad negativa, y colocado el disco *B* encima, se electriza por influencia separándose sus dos fluidos: si tomándole por el mango aislador se le separa de la resina, las dos electricidades se reunen de nuevo y nada sucede; pero si antes de separar el disco se toca con un cuerpo conductor, ó simplemente con el dedo, la electricidad negativa se marcha y queda la positiva retenida por la de nombre contrario de la resina; separando despues el disco, podrá sacarse una chispa de esta electricidad positiva, y repetir muchas veces el esperimento antes que la resina pierda su electricidad y sea necesario frotarla de nuevo; por esta causa es el electróforo muy buen aparato cuando no se necesitan grandes cantidades de electricidad, como sucede en los laboratorios para algunas combinaciones químicas. Si se pone un pequeño conductor *D*, por ejemplo una hoja de estaño, que toque al disco cuando se coloca sobre la resina, y que saliendo de la caja vaya á parar á cuerpos conductores en comunicacion con la tierra, se marchará por este conductor la electricidad negativa, y no habrá mas que poner el disco sobre la resina y volverle á quitar para sacar la chispa. Otras máquinas se han ideado que son mas bien modificaciones de las que dejamos esplicadas que máquinas nuevas, pero de poco uso; tendremos mas adelante ocasion de dar á conocer alguna otra.

Fig. 489.



911. Electricidad latente. Condensadores. Supongamos dos cuerpos conductores *BC* (*fig.* 490), cada uno con un péndulo *D* y *L*, y separados por otro aislador *A*; si ponemos en comunicacion uno de los conductores, el *C* por ejemplo, con otro cuerpo electrizado, y el *B* con la tierra, veremos que el péndulo *L* del segundo, no indica electricidad; aislando en este caso el conductor *B* y separándole del otro, veremos al péndulo *L* indicar que el cuerpo *B* está electrizado; examinemos lo que se verifica en este esperimento: el cuerpo *C* en contacto con el electrizado toma fluido de él, y electriza por influencia al *B*; pero como este se encuentra en comunicacion con la tierra, pierde el fluido del mismo nombre que el de *C* y conserva el de nombre contrario; este fluido se halla retenido por el que tiene el otro conductor, y por eso no le indica el péndulo hasta que separando los dos conductores queda libre; a esta electricidad disimulada ó retenida en un cuerpo por la influencia de otro se da el nombre de *elec-*

Fig. 490.



tricidad latente: nuevas cargas en el disco *C*, atraerán al otro mas cantidad de electricidad contraria, y por tanto se podrá acumular ó condensar mucha mayor cantidad de fluido en cada uno de los discos, cuando están juntos, por retenerse un fluido con el otro, que si estuvieran separados, y esta cantidad dependerá de la superficie que tengan los discos, y de la tension eléctrica del cuerpo que la trasmite al disco *C*. Si el cuerpo aislador no tuviera grueso, la electricidad acumulada en los dos conductores sería en igual cantidad; pero como la acumulada en *C* tiene que obrar al través del cuerpo *A*, y las atracciones son en razon inversa del cuadrado de la distancia (904), resulta que la cantidad acumulada en *B* es menor que la que contiene *C*, siendo la diferencia tanto mayor, cuanto mas grueso sea el cuerpo aislador *A*; y de aquí proviene el que tenga un límite la cantidad de electricidad acumulada, pues si suponemos que la vigésima parte del fluido no está disimulado, cuando sea 20 veces mas el fluido acumulado en *C* que el recibido, será el que se acumula de nuevo de igual tension que el no disimulado, y por esta causa no aumentará el latente, porque no tiene tension bastante el fluido que se trata de añadir para atraer nuevo fluido; esto hace ver que cuanto mas delgada sea la placa aisladora, mas cantidad se podrá condensar, pero tambien hay un límite en la disminucion del grueso, pues siendo muy pequeño, la tension de las dos electricidades podrá ser suficiente para vencer la resistencia de la no conductibilidad de la placa, y entonces los dos fluidos se reunen atravesándola y rompiéndola. Si se hacen comunicar los dos discos con un cuerpo buen conductor, los fluidos pasan por él á reunirse, quedando los discos descargados instantáneamente, aunque no por completo, pues una parte de sus electricidades está unida á las superficies del cuerpo aislador, que no la pierden sino lentamente. De otro modo puede descargarse el aparato: si se toca con un cuerpo conductor el disco que tiene electricidad libre, saldrá esta; pero entonces, la que queda no puede retener en el otro igual cantidad, y por consiguiente queda libre en él una parte, de modo que si está aislado, tocándole con el conductor se saca esta parte libre, y si no está aislado, se marchará; en tal caso, el primer disco vuelve á quedar con la electricidad libre que corresponde á la que ha quedado en el otro, y por tanto sacando esta electricidad libre como antes, se repite lo que hemos dicho, y continuando lo mismo llegarán los dos discos á quedar descargados, aunque no como antes instantáneamente: los péndulos *D* y *L* irán marcando bien dónde hay electricidad en esceso, y veremos que sacada la de uno de los discos, es en el otro donde queda.

Fig. 491.



912. Cuadro mágico. Los condensadores pueden disponerse de varias maneras: un cristal plano que tiene pegadas en sus dos caras hojas metálicas, generalmente de estaño, constituye el aparato conocido con el nombre de *cuadro mágico* de Franklin.

913. Botella de Leyden. La forma adoptada mas generalmente para los condensadores, es la del llamado *botella de Leyden* (*fig.* 491). Se compone de un frasco *A* de cristal que tiene en su interior panes de oro, láminas delgadas de metal ó cualquier cuerpo buen conductor que presente mucha superficie, el cual toma el nombre de *armadura ó guarnicion interior;* un conductor *B* terminado por

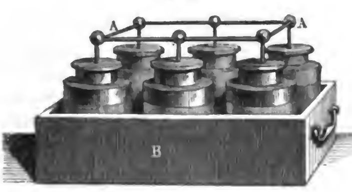
una esfera, entra por la boca del frasco á ponerse en contacto con esta guarnicion; en la parte esterior está cubierto el frasco de una hoja metálica, generalmente de estaño, que forma la *guarnicion esterior;* suele cubrirse la parte superior del frasco con un barniz de goma laca para evitar toda comunicacion del conductor á la guarnicion esterior si se deposita humedad sobre el vidrio. Puesto en contacto el conductor con la máquina eléctrica, ó con cualquier otro manantial de electricidad, la guarnicion interior la retiene, y la esterior, que deberá comunicar con la tierra, tomará electricidad contraria haciéndose latentes estos fluidos: la descarga podrá hacerse instantáneamente poniendo el conductor en comunicacion con la guarnicion esterior, ó lentamente, tocando el conductor y la guarnicion alternativamente. Si se pone en contacto la guarnicion esterior con la máquina y la interior con la tierra, se cargará del mismo modo, y en este caso ó en el anterior basta tener la botella en la mano, pues el cuerpo del que la tiene sirve de conductor con el suelo. Se hacen tambien estas botellas de modo que puedan descomponerse, con un vaso metálico terminado en un conductor; este vaso entra en otro de cristal y este en un tercero de metal; con el aparato así dispuesto, pueden hacerse todos los esperimentos de los condensadores que dejamos esplicados: si cuando está cargado se separan los tres vasos y se descargan los metálicos, volviéndolos á colocar unidos, se encuentra cargada de nuevo la botella aunque con menos fluido, lo que prueba que habia quedado electricidad unida á las paredes del vaso de cristal, segun hemos dicho antes.

914. Baterías eléctricas. Suelen ponerse varias botellas unidas de dos modos diferentes: supongamos (*fig.* 492) una botella *A* que en su parte inferior tiene un gancho comunicando con la guarnicion esterior; si de este gancho se cuelga otra botella *B* por el conductor de su guarnicion interior, resultará que cuando la guarnicion interior de la primera se haya cargado de electricidad vítrea por ejemplo, atraerá á su guarnicion esterior la resinosa y repelerá la vítrea, que pasará al interior de la segunda botella, atrayendo al esterior electricidad resinosa del suelo para lo que deberá estar en comunicacion con él: si suponemos en este caso en contacto las dos guarniciones de una misma botella, se descargará sola; pero si hacemos comunicar la guarnicion interior de la primera con la esterior de la segunda, se descargarán las dos de una vez, y sin embargo la descarga será como si fuera de una sola botella, porque las electricidades intermedias de la guarnicion interior de la segunda y la esterior de la primera, se recomponen sin descarga, por estar en guarniciones que se comunican; pueden ponerse mas de dos botellas colgadas una de otra, y los fenómenos serán los mismos, pero la carga irá disminuyendo en cada una por quedar electricidad libre en todas; estas botellas se dice que se cargan por *cascada*. El otro modo de disponer las botellas, es colocarlas en una caja *B* (*fig.* 493), que pone en comunicacion todas las armaduras esteriores, estándolo tambien las interiores por medio de varillas metálicas *A;* de este modo, como las armaduras de todas las botellas forman una sola, puesto que se comunican, resulta una armadura de mucha estension y el efecto es grande: la carga y des-

Fig. 492.

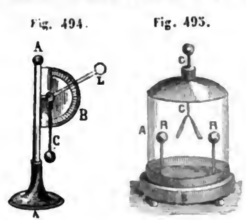

carga se hará como en una simple botella, pero con las precauciones que vere mos mas adelante, pues los efectos de la descarga de uno de estos aparatos pueden ser muy funestos. Las botellas así dispuestas forman lo que se llama una *bateria*.

Fig. 493.



915. Electrómetros. Los *electrómetros*, llamados tambien *electróscopos*, tienen por objeto conocer si un cuerpo está electrizado, y con mas ó menos exactitud la cantidad de electricidad que contiene. Ya conocemos la balanza de torsion (904), que es un electrómetro, y tambien el péndulo eléctrico (897), que puede contarse igualmente en el número de estos aparatos. Una modificacion del péndulo es el eléctrometro llamado de *cuadrante*, debido á Henley (*fig.* 494): consiste en un soporte *A* de madera con pié de metal, y un péndulo *C* unido á este soporte y formado de una varilla de marfil ó ballena, que lleva en su estremo una esferita de medula de sauco; si se coloca este aparato encima de un cuerpo electrizado, el pié de metal se electriza tambien, y la esferita tocándole, y cargándose con parte de su electricidad, es repelida, marcando su varilla en el semicírculo graduado *B* un número de divisiones como *L;* este aparato suele ponerse encima del conductor de la máquina eléctrica para conocer su carga y la electricidad que pierde. El electróscopo de Bennet ó de panes de oro (*fig.* 495), consiste en una campana de cristal *A* sobre un pié de metal *B;* en su parte superior lleva una abertura por donde penetra una varilla metálica *C*, que termina fuera de la campana en una esfera, y dentro sostiene dos tiras de pan de oro; á la altura de estas se pegan en la campana dos pequeños discos de hoja de estaño comunicando con el soporte *B*, ó se ponen dos esferitas *R* sobre pies de metal; la parte superior de la campana suele cubrirse con un barniz, para que el conductor *C* esté bien aislado; si se aproxima á la esfera de este conductor un cuerpo electrizado, se descompondrá por influencia su electricidad natural, y los panes de oro cargados de electricidad igual á la del cuerpo, se repelerán por tener el mismo fluido, indicando si el cuerpo que se aproxima está ó no electrizado; los panes electrizan tambien por influencia á los conductores *R*, los cuales contribuyen á que la separacion sea mayor, pudiendo llegar á tocarse cuando es mucha la electricidad, que se marchará por *R* y el pié. Pueden ponerse en estos aparatos, en lugar de panes de oro, dos esferitas de medula de sauco, dos pajitas ó cualquier otro cuerpo lijero. Este electrómetro sirve tambien para conocer la especie de electricidad que tiene un cuerpo: para ello, supongamos que mientras está la esfera del conductor en presencia del cuerpo electrizado se la toca con el dedo, la electricidad de nombre contrario á la del cuerpo se marchará, y el electróscopo quedará con electricidad

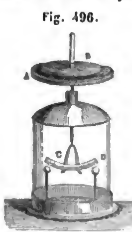
Fig. 494. Fig. 495.



del mismo nombre, por cuya razon, quitando el cuerpo electrizado, los panes de oro estarán separados; si en este estado se frota un pedazo de lacre ó vidrio, por ejemplo el primero, y se aproxima á la esfera del conductor, si los panes de oro se separan mas, es señal que tienen electricidad resinosa, que repelida por la del lacre, aumenta la divergencia; pero si aproximado el lacre disminuye esta divergencia, podrá ser señal de que tienen electricidad positiva, cuando sea grande la disminucion y separado el lacre vuelvan á separarse tambien los panes; si la divergencia es poca no será prueba exacta, puesto que un cuerpo en estado natural aproximado al conductor, producirá el mismo efecto, porque descompuesta la electricidad de este por influencia de la que tiene el electróscopo, atraerá esta hacia él y hará disminuir la divergencia de los panes: si llega semejante caso, se aproxima un pedazo de vidrio frotado, y la divergencia aumentará si el aparato tenia electricidad vítrea.

916. Electrómetro condensador. Cuando la cantidad de electricidad que contiene un cuerpo es muy pequeña, puede un electrómetro hacer indicaciones dudosas ó no hacer ninguna, y en estos casos, para saber si el cuerpo está electrizado, se hace uso del electrómetro llamado *condensador* (*fig.* 496), que consiste en uno de panes de oro (915), cuyo conductor termina en un platillo *A* metálico, en lugar de esfera; sobre este platillo se coloca otro tambien metálico *B*, con un mango aislador; estos platillos están cubiertos en sus superficies de contacto con una ligera capa de barniz de goma laca, para que estén separados por un cuerpo aislador; colocado un disco sobre otro, toquemos uno de ellos, por ejemplo el inferior, con el cuerpo electrizado, y el superior con el dedo húmedo; la electricidad del cuerpo pasa al disco inferior, y descompone la del otro, haciendo que por el dedo pase la del mismo nombre; quedando en los discos las dos electricidades de nombre contrario retenidas una por otra; si se quita el cuerpo y el dedo, nada se notará por lo tanto, pero si se levanta el platillo superior, la electricidad del inferior deja de estar retenida, y hace separar los panes de oro: con este aparato se hacen sensibles muy pequeñas cantidades de electricidad por condensarse con la de nombre contrario del otro disco, y poderse acumular varias cargas pequeñas. Algunas veces se añade á los electrómetros un arco dividido *C*, que marca la separacion, mayor ó menor, de los dos cuerpos ligeros, que suelen ser en este caso dos pajas delgadas y largas.

Fig. 496.



CAPITULO III.

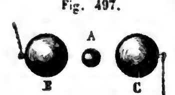
VARIOS EFECTOS DE LA ELECTRICIDAD. ALGUNOS MEDIOS DE PRODUCIRLA.

917. Varios efectos de la electricidad. Muchos son los fenómenos que produce la electricidad; unas veces obra por influencia, otras como agente luminoso ó calorífico; tambien formando reacciones químicas y produciendo sensaciones en la economía animal; de modo que son muchos los esperimentos á que da lugar la electricidad, y los aparatos para hacer patente su accion: vamos á examinar los mas comunes y de mayor importancia.

918. Cuerpos aislados. Un cuerpo cargado de electricidad, la pierde, si es conductor y no está aislado, haciéndola pasar á la tierra, que se llama en este caso el *depósito comun;* pero si está aislado, la conserva hasta que un cuerpo conductor le ponga en comunicacion con este depósito comun: ya hemos visto tambien que sin esta circunstancia la perderá en mas ó menos tiempo (900). Para aislar los cuerpos, puede hacerse uso del *banquillo aislador*, que es un banco de madera con piés de cristal, y á falta de este, se pone el cuerpo sobre una placa de vidrio ó de resina. Un cuerpo aislado, puesto en comunicacion con el conductor de la máquina eléctrica, formará parte de este conductor, y se electrizará; una persona colocada encima del banquillo aislador, y con la mano en el conductor de la máquina, se electrizará, y podrán sacarse chispas de cualquier punto de su cuerpo: si se frota á una persona así aislada con una piel de gato, se electriza tambien; y si la persona que frota á la primera está tambien aislada, las dos se electrizan con diferente fluido.

919. Atracciones y repulsiones á un cuerpo lijero. Supongamos un cuerpo lijero *A* (*fig.* 497), puesto entre otros dos, el uno *B* electrizado, y el otro *C* en comunicacion con la tierra; el cuerpo *A* atraido por la electricidad del *B*, toca á este y se carga con una parte de su electricidad, siendo en tal caso rechazado; pero el *C*, que tendrá electricidad contraria á la del *B*, tomada de la tierra por la influencia de este, atrae al *A* que está cargado con la electricidad que le quitó al *B*, y entonces el *A* tocándole, pierde su electricidad, y despues toma de la contraria que tiene en esceso el *C*, por cuya razon es repelido hácia el *B*, que le atrae, tomándole lo mismo su electricidad y dándole de la que tiene, resultando una nueva repulsion hácia el *C;* de modo que el cuerpo *A* tomará un movimiento alternativo del uno al otro de los dos cuerpos, mientras el *B* tenga electricidad con suficiente tension para atraerle. Aunque la distancia del cuerpo electrizado *B* fuera bastante para no electrizar al *C*, se produciria el fenómeno, pues al ser rechazado el *A* electrizaria al *C*, y sería atraido por él: es evidente que las distancias de estos cuerpos entre sí deben ser las correspondientes á la tension de la electricidad que tiene *B;* el esperimen-

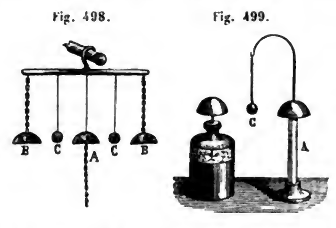
Fig. 497.



to que acabamos de esplicar se ha variado de muchas maneras, resultando aparatos entre los que se encuentran los siguientes.

920. Campanario eléctrico. El aparato llamado *campanario eléctrico* (*fig.* 498) se compone en general de tres timbres *A* y *B* colgados de una barra metálica, el del centro por medio de una seda, y en comunicacion con la tierra, y los de los estremos *B*, colgados por cadenas metálicas; entre estos timbres penden por medio de sedas dos esferitas metálicas: suspendido el aparato de un conductor de la máquina eléctrica, los dos timbres *B* son los cuerpos electrizados que antes hemos dicho (919), y el *A* es el que se electriza por influencia, siendo las esferas *C* los cuerpos lijeros, pues como están suspendidas, la atraccion tiene que vencer en ellas poca fuerza, de modo que chocando contra los timbres, producen un repique. Puede disponerse tambien este aparato con una botella de Leiden (*fig.* 499); colocando un timbre en el conductor de la botella y otro en un soporte *A* que sostiene la esferilla metálica *C*, la botella cargada será el cuerpo electrizado, y la esferilla tocará en los dos timbres produciendo el mismo efecto que el campanario que antes hemos visto.

Fig. 498. Fig. 499.



921. Araña eléctrica. Puede sustituirse en el campanario eléctrico (*figura* 499, en lugar de la esferilla *C*, un cuerpo de medula de sauco en forma de araña, y con patas de hebras de seda; este cuerpo es atraido y repelido como la esferilla, y las patas se adhieren y separan de los timbres, que para el caso presente deben sustituirse por esferas, de modo que produce el efecto de una araña agarrándose y soltando estas esferas.

922. Granizo eléctrico. El *granizo eléctrico* (*fig.* 500) está reducido á colocar dentro de una campana, esferillas de medula de sauco; el pie de ella comunica con el suelo, y por su parte superior penetra un conductor terminado en una esfera ó platillo *A*; poniendo en comunicacion este conductor con la máquina eléctrica, las esferillas son atraidas y repelidas por el disco *A*, que es el cuerpo electrizado (919), siendo el pié el que se electriza por influencia.

Fig. 500.



Fig. 501.

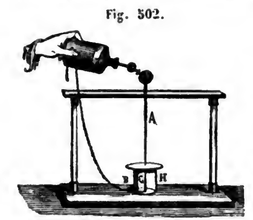


923. Danza eléctrica. Si en el granizo eléctrico se sustituyen las esferillas por una figura de medula de sauco (*fig.* 501), y se coloca entre el pie del aparato *A* que comunica con la tierra y el platillo del conductor *B*, al que llega la electricidad por *C*, subirá y bajará atraida ó repelida por el platillo y el pie, y formará la *danza eléctrica*. Todavía se pueden variar de diferentes maneras estos esperimentos.

924. Electricidad atravesando los cuerpos. La chispa eléctrica

al atravesar los cuerpos produce en ellos rupturas ó desagregacion en sus moléculas, y para probarlo hay un aparato (*fig.* 502), que consiste en un conductor *A* que termina en punta en su parte inferior, donde se encuentra otro conductor *C* terminado tambien en punta por la parte superior, y con un gancho *B* por la inferior: colocado un cuerpo delgado entre las dos puntas sobre un cilindro *H* de cristal que sirve de soporte, uniendo el gancho *B* á la guarnicion esterior de una botella de Leiden por medio de una cadenilla metálica, y aproximando el conductor de la guarnicion interior al *A*, se hace la descarga; la chispa se comunica de una punta á otra de los conductores, y hace un agujero en el cuerpo colocado entre ellos, que puede ser un papel, cartulina ó vidrio delgado, segun la intensidad de la chispa, observándose que el agujero formado, presenta bordes salientes en las dos caras del cuerpo atravesado. Si la chispa es de una batería (914) hace pedazos un trozo de madera.

Fig. 502.



925. La electricidad trasporta los cuerpos. La electricidad trasporta las partículas de los cuerpos; Fusinieri cita varios esperimentos para probarlo, entre ellos el de hacer pasar una fuerte chispa de una esfera de plata á una plancha de cobre; en este caso se encuentra en el cobre una mancha de plata llevada por el fluido: haciendo tambien pasar la chispa de una esfera de oro á otra de plata, atravesando al pasar una plancha tambien de plata, se ven sobre esta dos manchas de oro, una en cada lado.

926. La electricidad dilata los gases. La chispa eléctrica dilata los gases que atraviesa, y para probarlo se hacen algunos esperimentos (*fig.* 503). Supongamos un tubo *A* cerrado por sus dos estremos con guarniciones metálicas; en la parte superior lleva un conductor *B* que entra á frotamiento, y en la inferior otro *C*, los cuales terminan en dos esferas dentro del tubo; lateralmente hay otro tubo abierto *D*, que comunica con el *A* por su parte inferior: poniendo un líquido en el tubo *A*, estará en *D* á la misma altura, pero si se hace pasar la chispa de una botella por los conductores, al atravesar esta el aire que en el tubo *A* está cerrado sobre el agua, le dilata, y por tanto hace subir en el tubo *D* el agua á una altura mayor que en el *A*; pero este efecto es instantáneo, pues en seguida vuelve á tomar su nivel el agua, lo que prueba que no es una dilatacion por el calor de la chispa, puesto que si asi fuera, se enfriaria lentamente y el agua no volveria á nivelarse en los tubos sino al cabo de algun tiempo. Este esperimento se hace tambien de otro modo con el aparato llamado *mortero eléctrico* (*figura* 504), que consiste en un pequeño recipiente *A*, generalmente de marfil, en forma de mortero, y en el que se coloca la bala *B* tambien de marfil, que le

Fig. 503.

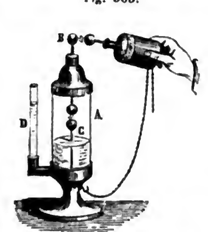
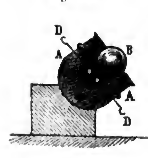


Fig. 504.



cierra; un conductor *D* interrumpido en el interior hace pasar la chispa al través del aire contenido dentro del recipiente, entre la bala y el fondo, y dilatándose este aire la bala es lanzada.

927. Escitador universal. En los anteriores esperimentos se emplean descargas de una botella que se toma con la mano por la guarnicion esterior, sujetando al mismo tiempo una cadena que viene de un estremo del conductor interrumpido, y aproximando el conductor de la guarnicion interior de la botella al otro estremo del interrumpido, como se marca en las *figuras* 502 *y* 503. Si la chispa es de una batería ó de una botella grande, se hace uso del aparato llamado *escitador* (*fig.* 505), que se compone de una varilla metálica en arco, articulada en *A* y con dos mangos de cristal; puede ser tambien sin articulacion y con un solo mango. Para hacer pasar la chispa eléctrica por un cuerpo que no tenga dispuestos los conductores interrumpidos, se hace tambien uso del aparato llamado *escitador universal* (*fig.* 506), que se compone de dos pies aisladores *A*, que sostienen dos conductores *B* terminados en anillos por un estremo y en esferas por el otro; estos conductores entran á frotamiento en los tubos *C* en que están sostenidos, y pueden ponerse mas ó menos horizontales por medio de las articulaciones *D*; un soporte *H*, que tambien puede subir y bajar, en el que se coloca el cuerpo que debe ser atravesado por la chispa, completa el aparato; arreglados los conductores de modo que sus esferas esten á la conveniente distancia, y entre ellos el cuerpo que ha de recibir la chispa, se pone un anillo en comunicacion con una de las guarniciones de la botella ó batería; en el momento que se hace comunicar el otro anillo con la segunda guarnicion, la chispa eléctrica pasa de una esfera á la otra atravesando el cuerpo.

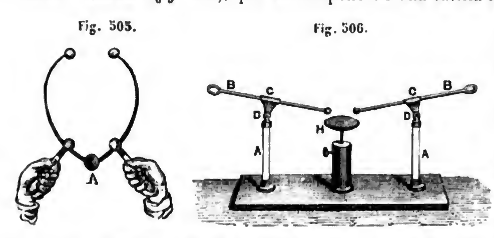


Fig. 505. Fig. 506.

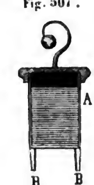


Fig. 507.

928. Aceleracion del movimiento de los líquidos. La electricidad acelera el movimiento de los líquidos (*fig.* 507): si tenemos un recipiente *A* lleno de agua con unos tubos *B* de salida, que tengan un pequeño diámetro, el agua saldrá gota á gota, pero si se cuelga el aparato en la máquina eléctrica, se verá salir el agua á chorro por cada uno de ellos.

929. Puntas. Las puntas producen tambien fenómenos curiosos; si colocamos una punta metálica en el conductor de la máquina eléctrica, por ejemplo un alfiler, no lograremos que se electrice, y el mismo efecto se producirá si teniendo en la mano el alfiler le presentamos al conductor sin que le toque; en el primer caso se marcha por la punta la electricidad del conductor, y en el segundo pasa por ella una porcion de electricidad de nombre contrario á la de este conductor, atraida por su influencia, y la neutraliza. La cor-

riente eléctrica que sale de una punta produce una fuerza en sentido contrario de su salida, que suele hacerse sensible con el aparato llamado *molinete eléctrico* (*fig.* 508), formado de un estilete *A* terminado en punta aguda, que sostiene una estrella compuesta de barritas horizontales *B* terminadas tambien en puntas, dobladas todas hácia el mismo lado, partiendo desde el centro: colocado este aparato sobre el conductor de la máquina eléctrica, el fluido que sale por las puntas produce una fuerza que hace girar la estrella con mucha velocidad en direccion contraria á la salida: se ha esplicado este fenómeno suponiendo que el aire se electriza con el fluido que sale por la punta, y como esta contiene fluido del que va saliendo, que es del mismo nombre que el recibido por el aire, es rechazada por él; como prueba de lo dicho se coloca el molinete en el vacío, y se ve que no gira. El aire tambien es repelido por la punta, produciendo una corriente la cual se reconoce poniendo una punta en el conductor de la máquina y aproximando una luz á esta punta; en el momento que la electricidad sale, la luz se tuerce, sucediendo lo mismo si es la luz la que se pone sobre el conductor (*fig.* 509) y se la aproxima una punta.

Fig. 508

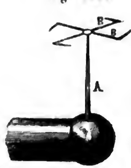
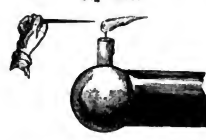
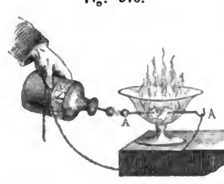


Fig. 509.



930. Calor de la chispa eléctrica. La chispa eléctrica produce calor: si se hace pasar por pólvora ó resina dividida, la enciende; funde metales y hace arder los líquidos combustibles, como el eter y el alcohol; estos esperimentos se hacen con el escitador universal (*fig.* 506), pero puede hacerse tambien el de quemar los líquidos combustibles con un sencillo aparato (*fig.* 510), que no es mas que una copilla atravesada por dos conductores *A* separados en el interior; poniendo un poco de algodon en rama empapado de eter dentro de la copa y haciendo pasar la chispa de una botella, el líquido arde. La *prensa eléctrica* es un aparato que consiste en dos tablas que pueden comprimirse por medio de tornillos; en ella se coloca un papel blanco, encima un pan de oro, y encima de este, otro papel grueso, en el que se ha recortado un dibujo cualquiera, por ejemplo un retrato; comprimiendo fuertemente, se hace pasar la chispa por el oro, que se quema produciendo un polvo fino y rojizo, que queda adherido al papel blanco, de modo que se forma el dibujo que estaba calado en el otro papel.

Fig. 510.



931. Luz de la chispa. La electricidad es luminosa, y esta propiedad se ha aplicado para producir vistosos efectos en varios aparatos: desde luego se observa que si sale electricidad por una punta, se produce un penacho luminoso, visible en la oscuridad. Sabemos tambien que la chispa eléctrica sacada de una máquina ó de una botella, es luminosa (907), pero el color y la intensidad de la luz varía con la naturaleza de los cuerpos que la forman y con la tension; en el vacío, en donde no opone resistencia el aire, se produce una

luz violada y larga como una ráfaga luminosa: este esperimento se hace con el aparato llamado *huevo eléctrico*, que es una capacidad de cristal en forma de huevo con dos conductores terminados en esferas en el interior del recipiente; haciendo en este el vacío y poniendo despues uno de los conductores en contacto con la máquina eléctrica, la chispa se comunica de una á otra de las esferas en forma de ráfaga estensa y violada, como hemos dicho; haciendo entrar algo de aire se hace rojiza, y si se deja entrar completamente, la chispa es pequeña y brillante; si el recipiente se llena de hidrógeno, la chispa es tambien rojiza, si de ácido carbónico, blanca, y si de vapor de mercurio, verde; cuando pasa entre dos esferas plateadas, la chispa es verde, entre dos carbones, amarilla, y entre madera ó marfil, carmesí; estas diferencias de color é intensidad se esplican despues de haber observado que la electricidad trasporta las partículas de los cuerpos que atraviesa (925), por la especie y número de estas partículas trasportadas. La botella de Leiden con un conductor encorvado de modo que la esfera de su remate se encuentre próxima á la guarnicion esterior, colocada en contacto del conductor de la máquina se descarga, produciéndose líneas luminosas en su guarnicion esterior que debe comunicar con el suelo. El brillo de la chispa unido á la mucha velocidad de la electricidad, hace el efecto de líneas luminosas, entre conductores interrumpidos; pongamos alrededor de un tubo de cristal pedacitos pegados de un cuerpo buen conductor, hoja de estaño ú oropel, de modo que estén próximos y formen un dibujo cualquiera; haciendo pasar una chispa por ellos, al comunicarse de un pedazo á otro se produce un punto luminoso cuyas imágenes no se habrán borrado de nuestro ojo (768) cuando se hayan formado en toda la estension del tubo, haciendo el efecto de una línea luminosa; este aparato, que se llama el *tubo centelleante*, puede variarse resultando los llamados *cuadros centelleantes* (*fig.* 511): sobre un cristal plano *A* se pegan tiras estrechas de hojas de estaño, haciendo una porcion de líneas paralelas pero unidas en los estremos, de modo que haya solo una continua; despues se hacen cortaduras en estas líneas formando un dibujo cualquiera; haciendo pasar la chispa eléctrica por este conductor, en los puntos donde está interrumpido presentará una luz que, como la veremos en todas al mismo tiempo, trazará el dibujo que se ha marcado, por una línea luminosa. Todos estos esperimentos de luz producida por la electricidad, deben hacerse en la oscuridad para que sean visibles, y pueden variarse de muchos modos.

Fig. 511.

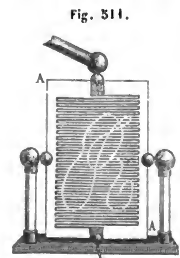


Fig. 512.

932. Efectos químicos de la chispa. La chispa eléctrica produce tambien efectos químicos, determinando unas veces combinaciones y otras descomposiciones: el amoniaco, el ácido sulfúrico y varias sales se descomponen con una ó mas chispas; el oxígeno y el hidrógeno se combinan formando agua; y este esperimento se hace con el aparato llamado *pistolete de Volta* (*fig.* 512), que es un frasquito metálico *A* con un conductor *B* que penetra en su interior hasta cerca de la pared opuesta; introduciendo oxígeno é hidrógeno dentro de él, ó simplemente

hidrógeno y aire, tapando con un corcho y aproximando el conductor á la máquina, se produce una chispa que pasa entre este y la pared del frasco, y determina la combinacion del hidrógeno con el oxígeno del aire formando agua, y resultando una fuerte detonacion que arroja el corcho con violencia á mucha distancia. En los aparatos llamados Eudiómetros se hace el análisis del agua por este medio.

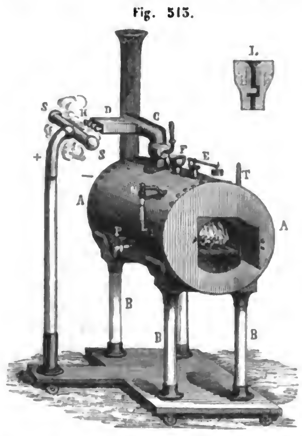
933. Casa del rayo. Hay varios aparatos en que están combinados algunos de los que dejamos descritos, por ejemplo, el que suelen llamar la *casa del rayo* consiste en un juguete que imita en efecto una casa cuyo tejado, que puede quitarse, sostiene las paredes laterales; debajo de este tejado hay un pistolete y en otro punto un recipiente para eter, y todo comunica con un conductor esterior; haciendo pasar la chispa de una botella, el pistolete produce la detonacion y su corcho hace saltar el tejado, cayéndose las paredes que este sostenia, inflamándose al mismo tiempo el eter en otro punto y resultando llamas que figuran un incendio.

934. Efectos de la chispa eléctrica sobre la economía animal. La electricidad produce sobre la economía animal efectos que vamos á examinar. Si sacamos chispas de la máquina con la mano, sentimos una conmocion mas ó menos fuerte segun la intensidad eléctrica, y si con una mano tocamos la guarnicion esterior y con otra la interior de una botella, los fluidos se combinan atravesando el cuerpo, haciendo sentir violentas conmociones, mas sensibles en el pecho y articulaciones en las personas sanas, y en las partes débiles ó enfermas de aquellas personas que tienen algun padecimiento. La descarga de una botella puede hacer sentir su efecto á muchas personas á la vez, para lo cual se ponen unas con otras en comunicacion dándose las manos, de modo que *formen cadena* no interrumpida; la primera persona toma por una de las guarniciones la botella cargada y la última toca la otra guarnicion; en este caso la union de los fluidos es instantánea por el intermedio de todas las personas, que sentirán al mismo tiempo la conmocion: se cita á propósito de este esperimento el ejecutado por Nollet con un regimiento de 1500 hombres, que sintieron todos en el mismo instante el efecto de la chispa de una batería eléctrica. Sin embargo, hemos dicho que puede descargarse la botella teniéndola en la mano (927) y no se sentirá conmocion ninguna, pero esto será siempre que la comunicacion entre las guarniciones se establezca por cuerpos buenos conductores, no formando nuestro cuerpo parte de la comunicacion; si, por ejemplo, tomamos una botella con la mano por la guarnicion esterior, agarrando al mismo tiempo una cadena que esté en contacto con esta guarnicion, y despues tocamos con el conductor otro estremo de la cadena, la descarga se hace por ella sin que la mano sienta el efecto, porque la electricidad sigue con preferencia los buenos conductores (901); pero si se trata de descargar una batería es prudente hacerlo con el escitador (927), porque siendo mucha la electricidad puede pasar alguna parte por la mano, sobre todo si está húmeda y el conductor es delgado. La descarga de una batería eléctrica no debe recibirse, ni aun la de una botella grande, porque la sensacion producida puede ser funesta, en particular para algunas personas: una batería de 6 botellas causa la muerte de un animal pequeño, como un pájaro; y Prietsley dice haber muerto gatos y perros pequeños con una batería cuyas guarnicio

nes tenian 3 $^1/_2$ metros cuadrados de superficie. Se ha observado tambien que un animal muerto por la descarga eléctrica entra en putrefaccion muy pronto. El efecto de la electricidad en los cadáveres es hacerlos producir movimientos en parte ó en todo el cuerpo, y se ha aplicado tambien la electricidad en medicina; pero nos ocuparemos de estos efectos fisiológicos al tratar de la electricidad por corrientes.

935. Electricidad producida por el vapor. Si sale vapor de cualquier recipiente por un orificio estrecho, queda el recipiente con electricidad negativa y el vapor la lleva positiva; estudiado este fenómeno por Faraday ha visto que la electricidad se desenvuelve por el frotamiento del vapor con la pared de salida, pues poniendo un tubo de marfil, no resulta el fenómeno; además es necesario que el vapor esté mezclado con algo de agua en estado vesicular, pues de lo contrario tampoco hay formacion de electricidad; si el agua que se vaporiza es pura, llevará el vapor la electricidad positiva, y si tiene algo de aguarrás, la negativa; pero si tiene una sal ó un ácido, no hay formacion de electricidad. Con el aire húmedo se ha producido tambien electricidad, pero con el seco no ha sido posible. Armstrong, que casualmente descubrió hace pocos años en el vapor la propiedad de desarrollar electricidad, ha construido una máquina eléctrica fundada en este principio (*fig.* 513), formada de una caldera *A* de hogar interior (567), sostenida por pies aisladores *B*; el vapor pasa por un tubo *C* á la caja *D*, que contiene agua para que el vapor empiece á condensarse y se mezcle con agua en estado vesicular; desde esta caja sale por unos tubos *H*, y choca frente á su salida con un conductor aislado *S*, armado de varias puntas; la electricidad positiva del vapor atrae por las puntas la negativa del conductor, que se queda cargado de fluido positivo, acumulándose en la caldera el negativo correspondiente; los tubos *H* de salida deben ser como se indica en *L*, para que el vapor encuentre obstáculos en su paso y se desarrolle el fluido eléctrico. La caldera tiene en *P* una llave de desagüe, en *N* el indicador de nivel, y se alimenta por *F*; lleva una válvula de seguridad en *E*, y el manómetro se indica en el tubo *T*.

Fig. 513.



936. Electricidad producida por evaporacion. El agua al evaporarse desarrolla electricidad, y Puillet, que ha estudiado este fenómeno, ha visto que el agua destilada no forma electricidad en este caso, pero si tiene una pequeña cantidad de una sal ó un álcali en disolucion, la produce, llevándose el vapor la positiva, y si tiene un ácido, el vapor lleva la negativa. Se puede hacer patente esta electricidad con el electrómetro condensador (916), para lo cual se coloca una cápsula metálica bien caliente sobre el platillo superior del conden-

sador, haciendo comunicar el inferior con el suelo: en este estado se echa agua en la cápsula, que al evaporarse, si no es destilada, se lleva el fluido positivo ó negativo segun su estado, dejando en la cápsula y platillo superior el fluido de nombre contrario, el cual atrae al inferior el fluido que puede condensar; quitando la comunicacion con el suelo y levantando el platillo superior, la electricidad latente del inferior queda libre, y los panes de oro se separan.

937. Electricidad por presion. Comprimiendo entre los dedos ciertos cuerpos, ó unos contra otros, resultan electrizados de una manera sensible; este fenómeno, estudiado por varios físicos, es facil de observar en algunos cuerpos: si se comprime un pedazo de espato de Islandia entre los dedos, se electriza con fluido positivo generalmente, y para que sea sensible, no hay mas que montar el espato en una aguja *A* (*fig.* 514), que lleva un pequeño contrapeso en el otro estremo, y está suspendida por su centro de gravedad en un pie terminado en punta; si se comprime el espato, se le atraerá aproximando un cuerpo electrizado negativamente, y será repelido por otro electrizado positivamente. Esta propiedad, que se creia solo perteneciente á determinados cuerpos, se ha visto que pertenece á todos, pues aislados los buenos conductores, se manifiesta del mismo modo. Comprimiendo dos cuerpos uno contra otro, y separados lentamente, apenas quedan electrizados, porque los fluidos, á lo que parece, separados por la presion, se van uniendo á medida que esta disminuye, siendo tanto mas rápida la union cuanto mejores conductores son los cuerpos comprimidos; si uno es conductor y el otro no, el primero perderá su fluido, pero el último quedará electrizado despues de la separacion, conservando la electricidad tanto mas tiempo cuanto menor sea su conductibilidad; el espato de Islandia la conserva durante algunos dias. Varias causas determinan el desarrollo de la electricidad por presion: dos pedazos de un mismo cuerpo comprimidos se electrizan diferentemente; cuando son distintos, y uno ó los dos son elásticos, se desarrolla mas electricidad, y lo mismo sucede cuando la temperatura es elevada. La percusion debe desarrollar tambien electricidad, pues forma una presion, atribuyendo varios físicos la luz que resulta en el choque de algunos cuerpos á la reunion de las dos electricidades, separadas al comprimirse. La separacion de las partes de ciertos cuerpos, que se encuentran en hojas sobrepuestas ó cristales unidos, por ejemplo la mica, desarrollan tambien electricidad; separando dos hojas de mica pegadas á cuerpos aisladores, se encuentran electrizadas, y forman en la oscuridad una pequeña luz; otros cuerpos quedan tambien electrizados al separar sus moléculas, y por los esperimentos hechos se ha llegado á suponer, que siempre que se separan dos moléculas, cada una lleva fluido distinto, pero en los buenos conductores se reunen antes de que la separacion de ellas sea completa; la *fosforescencia* de algunos cuerpos en la oscuridad se atribuye á esta misma causa.

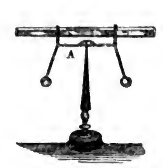
Fig. 514.



938. Electricidad por calor. El calor influye en el desarrollo de la electricidad cuando se desarrolla por frotamiento y por presion, pero por sí solo puede tambien producir electricidad: muchos son los cuerpos que se electrizan por el calor, pero en las *turmalinas* se observó primero esta propiedad, y en ellas se ha

estudiado mas particularmente; calentado un cristal de turmalina presenta dos puntos opuestos electrizados con diferente fluido, por lo que se les ha dado el nombre de *polos;* pueden observarse estas propiedades colocando la turmalina (*fig.* 515) en un soporte *A* con dos contrapesos, que se sostiene sobre un pie terminado en punta: aproximando un cuerpo electrizado á un estremo, la turmalina es rechazada, y aproximándole al otro es atraida; pero los polos no se manifiestan si no se calienta por igual todo el cristal, pues calentándole mas por un lado tiene solamente una electricidad: tampoco se manifiestan sino entre ciertos límites de temperatura, generalmente entre 10 y 150°, y la electricidad que adquieren no la trasmiten de ningun modo á los cuerpos que se ponen en contacto con ellas, siendo además notable que si se parte una turmalina cuando está electrizada, cada pedazo adquiere dos polos como los imanes. Los cristales de muchos cuerpos presentan propiedades iguales, pero esta cuestion es poco importante, y nos limitaremos á lo que dejamos dicho.

Fig. 515.



939. Electricidad estática y dinámica. Hemos considerado hasta ahora la electricidad sin movimiento en los cuerpos, acumulada en ellos, ó pasando de uno á otro en forma de chispas; esta electricidad se ha llamado *electricidad estática:* vamos á considerarla ahora en movimiento en los cuerpos que la contienen, trasmitiéndose por ellos á medida que se forma, y siendo en este caso desarrollada por otras causas que no hemos dado todavía á conocer; la electricidad en movimiento es *electricidad dinámica.*

940. Galvanismo. A fines del siglo pasado, habiendo puesto Galvani en comunicacion por medio de un arco metálico los nervios y músculos de una rana, observó en ésta, violentas conmociones, que atribuyó á un fluido eléctrico particular á este animal; pero estudiado por Volta el fenómeno, creyó que no era la causa el fluido de la rana, sino la comunicacion metálica, y sobre todo el contacto de dos metales, pues formado este circuito con dos metales diferentes, el efecto es muy pronunciado, y los músculos y nervios no hacen al parecer mas que conducir el fluido: Galvani repitió sus esperimentos de diferente manera, y Volta igualmente, llegando éste á sentar, que siempre que dos sustancias diferentes se encuentran en contacto, reparten el fluido natural, tomando una el positivo y otra el negativo; todavía Galvani contestó poniendo nervio sobre nervio de la rana, y viendo que la conmocion se producia sin el intermedio de otro cuerpo, deduciendo que existia un fluido animal, y en efecto hace poco tiempo que Matteucci ha encontrado un fluido propio en la rana, segun resulta de sus esperimentos; pero los de Volta hicieron ver entonces, que el contacto de dos metales desarrollaba electricidad: si queremos convencernos de que así sucede, pongamos en contacto un disco de cobre con otro de zinc por medio de mangos aisladores, y despues toquemos con el cobre el platillo del electrómetro condensador; repetida varias veces la operacion se acumulará electricidad bastante para separar los panes de oro; puede tambien hacerse el esperimento poniendo en contacto un pedazo de zinc, y el platillo mismo del electrómetro, pero en los dos casos el platillo ha de comunicar con el suelo, y no tener barniz por la parte que se toca con el metal, para que haya contacto. Se ha dicho que la electricidad desarrollada en este caso podia provenir del

frotamiento al hacer el contacto, pero soldando los dos metales resulta el fenómeno lo mismo, y tocando el condensador de cobre con cobre en lugar de zinc no resulta. De estos esperimentos y otros muchos repetidos por diferentes físicos, dedujo Volta que la electricidad se desarrolla en el contacto, produciendo una fuerza que se ha llamado *electro-motriz*, cuya fuerza se opone á la recomposicion de las dos electricidades acumuladas en los cuerpos que se tocan, siendo esta fuerza constante en un sistema aun cuando se añada ó quite electricidad, pues si se quita fluido, la fuerza electro-motriz forma otra cantidad igual á la que se quitó, y si se añade, se reparte por igual en los dos cuerpos, quedando por tanto con la misma diferencia que tenia antes.

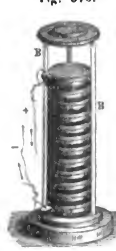
941. Cuerpos electro-motores. Todos los cuerpos no desarrollan en el contacto igual cantidad de electricidad, y por esta causa los ha dividido Volta en cuerpos buenos *electro-motores*, y cuerpos *electro-motores débiles;* entre los primeros estan los metales y el carbon calcinado, distinguiéndose en estos el cobre y zinc, que son los mejores; entre los segundos están los no metálicos en general y los líquidos. Tambien varía la especie de electricidad que toma cada metal segun con el que se ponga en contacto, por ejemplo, el cobre toma con el zinc ó hierro, electricidad negativa, y con platino ó plata, positiva.

942. Teoría por acciones químicas. La formacion de electricidad solamente por el contacto, segun la teoría de Volta, no puede admitirse en el dia; y la causa de los fenómenos que produce, no es posible que sea la electricidad formada por el solo contacto de dos metales. Varios físicos, y entre ellos De la Rive, han observado que puestos en contacto los cuerpos de modo que no pueda producirse accion química sobre ellos, no hay formacion de electricidad; en efecto, si se toma con la mano el zinc y se toca el cobre del condensador del electrómetro, hay electricidad; pero si se toma con una pinza de madera ó el zinc está en un gas, azoe por ejemplo, que no ejerza accion sobre él, no hay electricidad producida; de modo que se puede concluir de aquí que la traspiracion de la mano ó el oxígeno del aire, forman una reaccion química, que es causa de la electricidad: por otra parte Becquerel ha demostrado que en toda accion química hay produccion de electricidad, y por tanto se ha deducido que las acciones químicas y no el contacto son la causa del desarrollo de electricidad que en estos casos se observa; no por esto se ha concluido que el contacto deje de producirla, pero si en efecto se forma, es tan poca comparada con la que dan las acciones químicas, que aquella puede suponerse nula, y considerar solo esta última. Becquerel, que ha estudiado estas cuestiones detenidamente, ha visto que la electricidad producida por las acciones químicas es muy grande, habiendo tambien observado que si el oxígeno se combina con un cuerpo, toma siempre electricidad positiva y el cuerpo negativa; si es un ácido el que se combina con una base ú óxido, el ácido toma el fluido positivo y la base el negativo; si en lugar de combinacion hay descomposicion, los efectos son contrarios. Descubierto el fenómeno de la produccion de electricidad poniendo en contacto dos metales con el intermedio de un líquido, que al principio se creyó simple conductor y despues se supone factor de la reaccion que es causa de la produccion del fluido, se han hecho varios aparatos, á los que se ha dado el nombre de *pilas*, disponiendo los metales y líquidos de la manera mas conveniente para formar las reacciones de que

resulta electricidad en *corrientes*, que tiene muy importantes aplicaciones, como veremos mas adelante. Las pilas se han variado de diferentes maneras, y muy modernamente han sido inventadas otras nuevas; de todas nos vamos á ocupar.

943. Pila de columna. La primera pila debida á Volta, es la que se ha llamado de *columna*, que se compone (*fig.* 516) de una porcion de discos de cobre, zinc y paño humedecido con agua acidulada, colocados formando lo que se llaman

Fig. 516.

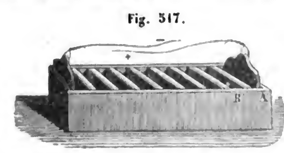


pares, que son, un disco de cobre y otro de zinc, soldados ó separados; estos pares se colocan unos sobre otros, poniendo entre cada uno el paño mojado, de manera que el orden será: cobre, zinc, paño y otra vez cobre, para seguir del mismo modo: se colocan sobre un pie de madera *A* que sostiene tres barras de cristal *B*, entre las cuales entran los pares y se sujetan bien: del cobre de la parte inferior y del zinc de la superior salen alambres llamados *electrodos* ó *reóforos*, los cuales, unidos, conducen las electricidades de distinto nombre que vienen á combinarse de una manera contínua, formándose dos corrientes de distintas electricidades y en sentido contrario, pero se producirán solo cuando esten los alambres en contacto por sus estremos, en cuyo caso se dice que está cerrado el *circuito:* suele entenderse por direccion de la corrriente la del electrodo positivo al negativo, pero ya se ve que la corriente no es una sino dos en sentido contrario; sin embargo, facilita en muchos casos las esplicaciones este convenio, y así lo entenderemos en adelante. La esplicacion dada por Volta de esta pila, es la siguiente: si la pila comunica con el suelo por la parte inferior no tendrá electricidad en esta parte; supongamos que el cobre sea el primero; el zinc que está encima, toma por el contacto una cantidad de electricidad positiva que representamos por 1, y el cobre dejará pasar la suya al suelo quedándose sin nada; luego la diferencia de las tensiones, en los dos discos, será $1-0=1$; pero el zinc pierde parte de su electricidad por la buena conductibilidad del líquido que tiene encima, y como la diferencia del estado eléctrico de los dos metales ha de ser constante (940), se irá descomponiendo mas electricidad hasta que el zinc, el paño de encima y el cobre que está sobre este, tengan la electricidad 1; ahora, suponiendo circunstancias iguales en el segundo par, si su cobre tiene, como hemos dicho, una cantidad de fluido 1, que proviene del zinc del primero, y la diferencia de este cobre con su zinc ha de ser 1, resulta que el zinc del segundo par debe tener 2 de electricidad, y siguiendo lo que con el primer par hemos dicho, resulta que el segundo paño y el tercer cobre tienen 2, y el tercer zinc 1 mas, ó sea 3, y así sucesivamente. La esperiencia no confirma esta esplicacion, y en efecto, la suposicion de que la diferencia de tension ha de ser constante es poco probable, y además no se tiene en cuenta la electricidad producida por la accion química del líquido, que en el dia, como hemos dicho, debe suponerse la causa única; puesto que si hay otras, son insignificantes. Si la pila está aislada se carga á espensas de sí misma, observándose que en el centro no hay electricidad, y en los estremos es la mayor tension, siendo la mitad que termina en cobre la que tiene electricidad negativa, por lo que toma el nombre de *polo negativo*, y la que termina en zinc, positivo, y se llama por esto *polo positivo*. El liquido que se emplea, es agua acidulada

con $^1/_{10}$ de ácido sulfúrico, y suele tambien añadirse algo de ácido nítrico. La pila de columna no se usa en el dia por los inconvenientes que presenta, pues además de ser larga la operacion de armarla, el líquido escurre con el peso de los pares y la pila queda seca, produciéndose además corrientes por el líquido en la superficie esterior, que pone en comunicacion unos pares con otros y descarga en parte la pila.

944. Pilas de artesa. La primera modificacion que se hizo en la pila para evitar sus inconvenientes, fué reducirla á la forma de las llamadas de artesa (*fig.* 517). Una pila de artesa se compone de una caja de madera dividida en partes iguales por medio de planchas de cobre y zinc unidas, formando los pares; cuando se ha de poner en accion, se echa en los espacios que resultan entre cada par, agua acidulada como en las pilas de columna (943), para producir el mismo efecto que los paños mojados que en esta se ponen; dos planchas de cobre colocadas en los estremos, y que llevan dos alambres, forman los reóforos. Admitiendo que la electricidad es producida por la accion química del ácido sobre el metal, vamos á esponer la teoría que ha dado De la Rive para esplicar los fenómenos de la pila: el líquido del espacio *A* primero, obra sobre el zinc, cargándose este de electricidad negativa que comunica al cobre, y el líquido, de positiva; en el segundo espacio *B*, el liquido, obrando sobre el zinc, se carga, como en el primero, de electricidad positiva, y en este estado se encuentra con la negativa del cobre anterior, el cual no se ataca por el ácido, y se reunen las dos electricidades; en el tercer espacio se verifica lo mismo, y en todos los demás hasta el último, de manera que en el primero tiene el líquido electricidad positiva por atacar al zinc, y en el último la tiene negativa, que le trasmite el último cobre, encontrándose el líquido en los demás espacios en estado natural; segun esto, el cobre sirve solo de conductor, y la pila no tendrá mas cantidad de electricidad que la correspondiente á un solo par, siendo evidentemente mayor esta cantidad, cuanto mas estension tenga la superficie del zinc atacado por el líquido. Pero si la cantidad de electricidad acumulada es independiente del número de pares que forman la pila, no lo es la tension de esta electricidad, esto es, la fuerza con que tiende á reunirse en cada polo con el fluido contrario, pues De la Rive admite, segun sus observaciones, que una masa líquida cortada por discos metálicos conduce la electricidad tanto menos, cuantos mas de estos se coloquen, y por tanto la electricidad acumulada en los polos, encontrando mas obstáculos para recomponerse, tendrá mayor tension, decreciendo esta de los estremos al centro: tambien la menor conductibilidad del líquido aumenta la tension. Las pilas de artesa, de que se hacia poco uso, se han aplicado á la telegrafía, con alguna modificacion, y por esto son importantes; vamos á ver cómo se disponen para el objeto indicado.

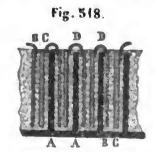
Fig. 517.



945. Pilas de arena. Las pilas de artesa que usan los ingleses en la telegrafía eléctrica, son cajas de 12 y 24 pares, y mas comunmente las de 12; estas se hacen de madera dura, la encina por ejemplo, y se ponen discos (*fig.* 518) *A* de pizarra ó vidrio, que las dividen en 12 ó 24 partes iguales, despues se embetunan bien, y para esto, mejor que las breas es el llamado *liga marina* (glu-marin)

que se forma poniendo en infusion durante 10 ó 12 dias, 450 gramos de cautchuc ó goma-elástica en 18 libras de aceite esencial de alquitran; en este tiempo toma una consistencia de jarabe espeso, y se mezcla con el doble de su peso de goma laca, y se pone á 120° de temperatura cuando se haya de usar, resultando así un betun escelente, aplicable en otros muchos casos por tener bastante flexibilidad, y ser impermeable completamente é inatacable por los ácidos en general. Mejor que las artesas de madera son las que se emplean generalmente, fabricadas de guta-percha con los discos de la misma sustancia, y una tapa tambien de lo mismo que cubre el aparato, evitando la evaporacion del líquido que contiene.

Fig. 518.

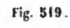


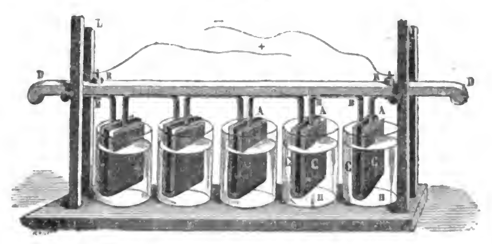
En las divisiones de estas pilas, se reemplaza el líquido con arena fina, que se tiene cuidado de conservar siempre humedecida con agua acidulada de ácido sulfúrico, del que se pone 12 á 15 por 100; dentro de esta arena se introduce una placa de cobre *B* y otra de zinc *C*, pero sin que se toquen, y estas placas se unen con unas bandas de cobre *D* que salen sobre la pila, y unen el zinc contenido en una de las divisiones, con el cobre contenido en la siguiente, formándose de este modo los pares. Las dimensiones que dan á estas pilas son las siguientes:

		12 PARES.	24 PARES.
Largo		0m,39	0,m76
Ancho		0,125	0,14
Alto		0,105	0,14
Distancia entre los discos		0,025	0,03
Dimensiones de las placas de zinc	Largo	0,11	0,112
	Ancho	0,085	0,085
	Grueso	0,004	0,0046
Ancho de las bandas *D*		0,025	0,025

946. Pilas de Wollaston. Otra disposicion de pila es la debida á Wollaston (*fig.* 519); en ella los pares están formados de una plancha de zinc *A* que comunica por medio de una banda de cobre *B*, con otra plancha del mismo metal *C*, doblada de modo que rodea sin tocarla á la plancha de zinc del par inmediato: estas piezas así dispuestas, van pendientes de un liston de madera *D* que se sostiene en sus dos estremos entre los montantes *L* por medio de una clavija, á mas ó menos altura; debajo se colocan vasos *H* donde está el líquido, y en ellos entran las piezas de la pila cuando se ha de poner en accion; dos botones metálicos *R* que comunican el uno con el zinc y el otro con el cobre, en los estremos de la pila, forman los polos de esta, en los cuales se ponen alambres de cobre: como se ve, el par está formado con el cobre de una pieza y el zinc de la siguiente, que son los que están unidos por medio de las bandas *B*: el polo positivo corresponde al último cobre, que es solo conductor del fluido acumulado en el líquido del último vaso; la disposicion de estas pilas es cómoda, pues se

pueden sacar todos los pares de los vasos y suspenderlos encima, quedando en este caso la pila sin accion. Pueden tambien sustituirse los vasos por una artesa

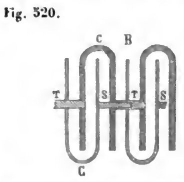

Fig. 519.



y á veces por una doble artesa, para sumergir los pares en agua pura y lavarlos, cuando la pila no ha de estar en accion.

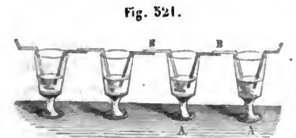
947. Pilas de Münck y de Young. La pila de Wollaston se ha dispuesto de varias maneras: Münck la ha formado (*fig.* **520**) con láminas de zinc y cobre soldadas lateralmente, como se ve en *A*, que es la pila vista por encima; estas placas se sujetan en unos listones en la parte inferior, y todas así reunidas se introducen en una caja de madera embetunada que contiene el agua acidulada; de este modo ocupan muy poco espacio. Young las ha dispuesto como se presenta en *B*; las placas de cobre y zinc están alternadas, y unidas dos á dos por unas bandas *C* laterales, ó colocadas por la parte superior, de modo que cada dos placas no formen mas que una; despues se reune una banda *S* que sale del cobre, con otra *T* que sale del zinc, pero cuidando para formar los pares que no haya mas que un contacto entre cada placa con otra opuesta, para lo cual debe quedar debajo de cada una de estas coronas, una placa de cobre y otra de zinc; esta pila se sujeta con listones lo mismo que la anterior, y se introduce en una artesa que contiene el agua acidulada, en las proporciones dichas en las pilas anteriores.

Fig. 520.



948. Pilas de corona. Puede disponerse una pila (*fig.* **521**) muy sencilla, de poca corriente pero de alguna intensidad, colocando una porcion de vasos *A* en fila, y en ellos agua acidulada; en esta agua entran los estremos de un arco metálico *B* formado de dos bandas de cobre y zinc sobrepuestas y soldadas por sus estremos; estas pilas se llaman de *corona*, y como se ve, son fáciles de preparar, puesto que no necesitan ningun aparato particular.

Fig. 521.

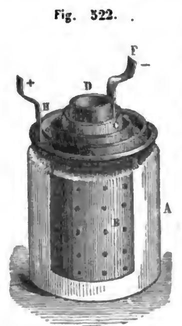


949. Pilas de corriente constante. Todas las pilas que hasta ahora hemos dado á conocer; producen corrientes poco constantes, porque el ácido

se gasta formando sulfato de zinc con este metal (257), y además porque el sulfato se descompone despues con la corriente misma, y se va formando sobre las planchas de cobre una capa de zinc metálico que hace obrar á estas planchas como si fueran de zinc, produciéndose tambien por esta descomposicion corrientes en sentido contrario que disminuyen la que se utiliza. Para evitar en parte estos inconvenientes, y al mismo tiempo para dar mas energía á la pila multiplicando las reacciones, se han inventado modernamente otras pilas que se han llamado de *corriente constante*, formadas con dos líquidos en los que se ejercen acciones que deben combinarse, pero que están separados por un cuerpo bastante poroso para que las acciones se ejerzan sin que los líquidos se mezclen. Los dos cuerpos ó elementos que forman las pilas que nos ocupan, y que no siempre son metales, están cada uno dentro de diferente líquido, siendo uno de estos elementos el que produce la reaccion ó *elemento activo*, y el otro obrando solo como conductor; pero es necesario que los líquidos escojidos produzcan una corriente por su accion recíproca al través del cuerpo poroso, que no sea contraria á la producida por la accion química de uno de ellos sobre el elemento activo, porque en tal caso estas corrientes contrarias se combinarian, y la pila no produciría corriente útil. Las pilas principales de corriente constante son las que vamos á describir.

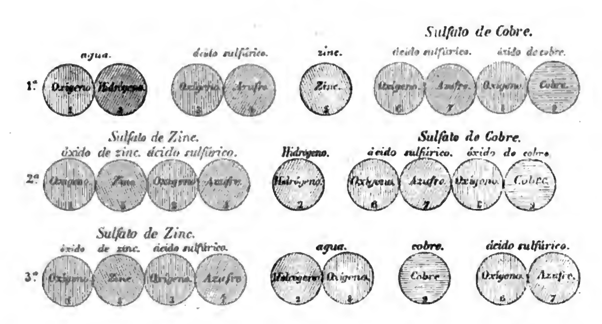
950. Pila de Daniell. Se compone esta pila de dos elementos, cobre y zinc, y de dos líquidos, sulfato de cobre disuelto, y agua con ácido sulfúrico ó con sal comun, separados estos líquidos por un vaso poroso. Una de las muchas formas que ha recibido esta pila, es la siguiente (*fig.* 522). Dentro de un vaso *A* de cristal, en que se pone agua saturada de sulfato de cobre, se coloca un cilindro *B* de cobre; en el interior de este se pone un vaso poroso *C*, que suele ser de porcelana en el estado que se dice de *bizcocho*, ó tambien de tierra de pipa, y en este vaso se echa agua con ácido sulfúrico, ó una disolucion de sal comun, introduciendo en este líquido un cilindro de zinc *D;* el vaso *B* lleva unida una banda de cobre que forma el polo positivo, y el cilindro de zinc *D*, otra *F* que forma el negativo. La teoría de esta pila segun Daniell, es la siguiente: si los dos polos no comunican, la pila está inactiva; pero en el momento que se reunen, empiezan á producir las acciones químicas que representamos en la *figura* 523, para que puedan ser entendidas por las personas que no tengan conocimientos de química; cada círculo marca un cuerpo simple, pero no presentamos las cantidades respectivas de estos cuerpos simples que forman los compuestos, porque no nos es necesario, sino solamente la union de aquellos entre sí: la línea primera marca los cuerpos activos que se encuentran en presencia en la pila, que son agua 1, 2, ácido sulfúrico 3, 4 y zinc 5, en el vaso interior, y sulfato de cobre 6, 7, 8, 9 en el vaso esterior: el agua 1, 2 se descompone, uniéndose el oxígeno 1, al zinc 5 para formar óxido de zinc, el cual unido al ácido sulfúrico 3, 4, forma sulfato de zinc (257), línea 2.ª, números 1, 5, 3, 4, resultando además el hidrógeno 2

Fig. 522.



libre y el sulfato de cobre fuera; pero al través del vaso poroso se producen entre estos dos últimos cuerpos otras nuevas reacciones; el hidrógeno 2 se une al oxígeno 8 del óxido de cobre que está formando el sulfato, y resulta agua 2, 8 línea 3.ª, para lo cual se descompone primero el sulfato y despues el óxido, y como el cobre solo 9 no puede estar combinado con el ácido sulfúrico 6, 7, se precipita en polvo poco adherente sobre el cilindro *B* de cobre introducido en la disolucion esterior, quedando por lo tanto en este vaso agua 2, 8,

Fig. 523.



cobre 9 y ácido sulfúrico 6, 7, y en el vaso interior, sulfato de zinc 1, 5, 3, 4: como resulta de lo dicho, el sulfato de cobre se va descomponiendo, y la disolucion por lo tanto se debilita; para conservarla siempre en su estado de saturacion, lleva el cilindro *B* (*fig.* 522) una galería *H* con agujeros en el fondo, y en ella se ponen pedazos de sulfato de cobre cristalizado, que se van disolviendo á medida que el contenido en la disolucion va faltando. En esta pila se producen corrientes por la descomposicion del agua, por la del sulfato de cobre y por todas las demás composiciones y descomposiciones que tienen lugar, siendo el cilindro de cobre solamente conductor del fluido positivo que toma el líquido. Suele ponerse en lugar del vaso poroso un saquillo de lona ó un pedazo de vejiga, pero en este caso se mezclan pronto los líquidos. Muchas veces se suprime el vaso *A* de cristal, y se hace que el cilindro de cobre sea el vaso donde están contenidas las demás piezas y el sulfato de cobre: tambien se disponen estas pilas haciendo que en el vaso *A* de cristal se introduzca primero el cilindro de zinc, poniéndole en agua acidulada, y dentro de esta se coloca el vaso poroso con sulfato de cobre, sumergiendo en él una plancha de cobre que está unida al zinc de otra pila y que puede ser la misma pieza *F* haciéndola grande; en tal caso los pares están formados de cobre y zinc que se encuentran en diferentes vasos. Estas pilas, que pueden producir corrientes bastante constantes durante muchos dias, se usan con frecuencia en la telegrafía eléctrica.

951. Pila de Bunsen. La pila de Bunsen (*fig.* 524) se compone de un vaso *A*, que contiene ácido nítrico: dentro de él se coloca un cilindro de carbon *B* con un anillo de cobre en su parte superior, del que sale la plancha *D* que forma

el polo positivo; en el interior de este cilindro se coloca un vaso poroso *C*, como el de las pilas de Daniell (950), y dentro de este vaso se echa agua acidulada con 10 por 100 de acido sulfúrico, poniendo en este líquido un cilindro *H* de zinc, del que sale la plancha *L*, que es el elemento negativo. En esta pila no hay accion mientras que los polos no se comunican, pero cerrado el circuito, el agua del vaso *C* se descompone, el oxígeno se combina con el zinc y forma óxido, que con el ácido sulfúrico puesto en el vaso, forma sulfato de zinc, lo mismo que hemos visto en la pila de Daniell (*fig.* 523); pero la diferencia de esta pila á la que nos ocupa es que el hidrógeno que resulta libre, pasa á formar agua con parte del oxígeno del ácido nítrico que se encuentra en el vaso *A*, convirtiéndole en ácido hiponítrico, que es un gas del que una parte queda disuelta y la otra se desprende; la reaccion segun vemos es igual á la esplicada para la pila de Daniell, con la única diferencia que resulta de la sustitucion del sulfato de cobre por el ácido nítrico: la produccion de electricidad es debida á la descomposicion del agua y del ácido nítrico, y á las demás reacciones que resultan; el carbon no sirve mas que de conductor del fluido positivo acumulado en el líquido. Esta pila produce al principio una corriente enérgica, que se debilita cuando va faltando el ácido sulfúrico; tiene el inconveniente del desprendimiento del gas hiponítrico, que huele y molesta, pero sin embargo es muy usada por sus buenas propiedades. El cilindro de carbon *B*, se forma pulverizando partes iguales de cok y hulla, se pone este polvo bien apelmazado en un molde de hierro, y se calcina fuertemente. Suele cambiarse la colocacion de los elementos de esta pila, poniendo en el vaso *A* el agua acidulada, y un cilindro de zinc; dentro de este, el vaso poroso con el ácido nítrico, y en él se introduce una barra de carbon; el resultado es el mismo, y es mas facil formar una barra que un cilindro hueco de carbon. Los constructores hacen estas pilas generalmente de dos tamaños; las mayores tienen el zinc de 22 centímetros de altura, y son generalmente de carbon interior, y las menores, que tienen el zinc de 14 centímetros, y suelen ser de carbon esterior. Ultimamente se han preparado estas pilas, poniendo el vaso *A* con el agua acidulada, dentro el cilindro de zinc, y dentro de este un vaso cilíndrico de plombagina, en donde se echa el ácido nítrico, y sirve á la vez de conductor y vaso poroso.

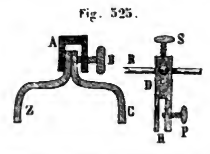
Fig. 524.

952. Pila de Grove. La pila de Grove es la misma de Bunsen (951) con la diferencia de poner en lugar de carbon una plancha de platino; la disposicion es, poner el zinc en el esterior generalmente, y la reaccion es la misma que en la de Bunsen; se emplea poco por ser caro el platino, y porque despues de algun tiempo de uso se hace malo para utilizarle en otro objeto, por resultar quebradizo y agrio.

953. Baterías de pilas. Las pilas de doble corriente que dejamos esplicadas se suelen unir formando baterías, compuestas de mas ó menos pilas, que en este caso serán los *pares* de la pila total: la union se hace poniendo en contacto el elemento zinc con el contrario del otro par, y los dos que resultan libres en el primero y último par, forman los polos del sistema: esta union se forma (*fig.* 525) colocando juntas las planchas *Z*, *C*, que salen de los elementos, y sujetándolas con una pequeña pieza *A*, que por medio del tornillo *B* las une perfectamente. Tambien

se emplea para el mismo objeto otra especie de pieza formada de un pequeño cilindro ó barrita *D*, que es de cobre, y tiene una canal *H*, que entra en uno de los elementos de la pila, sujetándose con el tornillo *P*; en el estremo opuesto lleva dos agujeros por los que pasa el alambre *R* en la direccion conveniente, el cual se sujeta con el tornillo *S*, y va á parar á otra pieza igual en el elemento contrario de la pila siguiente, quedando las dos en comunicacion por este medio. Si la batería debe producir una corriente de mucha tension, se reune el cobre de un par con el zinc del otro; pero si ha de resultar mucho fluido con menos tension, se une el cobre de muchos pares entre sí, y tambien el zinc, y despues cobre con zinc; asi hay mucha superficie para producir el fluido (944).

Fig. 525.



954. Zinc amalgamado. El zinc empleado en las pilas debe ser amalgamado, esto es, cubierto de una capa de mercurio, y la razon es que De la Rive ha observado que cuando el zinc se prepara de este modo, no le ataca el agua acidulada en que se coloca en las pilas, mientras el circuito no esté cerrado, y por tanto, no se está gastando en el tiempo que la pila está inactiva; además, con el zinc amalgamado se produce una corriente mas intensa y regular. La operacion de amalgamar el zinc, que debe repetirse con frecuencia, está reducida á introducir los cilindros en agua acidulada con ácido sulfúrico, y cuando se ha atacado la superficie al cabo de algunos momentos, se introducen en mercurio, que se adhiere bien teniéndolos de 1 minuto.

955. Pila de Bragantion. Para producir corrientes pequeñas, Bragantion ha formado una pila que se compone de un tiesto lleno de tierra humedecida con una disolucion de sal amoniaco; dentro de esta tierra se introduce una plancha de cobre y otra de zinc, de las cuales salen los reóforos; añadiendo el líquido que se evapora, puede funcionar esta pila mas de un mes sin necesidad de renovarla.

956. Pilas secas. Varias tentativas se han hecho, particularmente cuando se creia que el simple contacto producia la electricidad en las pilas, para formarlas de cuerpos que no necesitaran el intermedio de un líquido, y la produccion del fluido fuera permanente: en los diferentes ensayos se ha sustituido el líquido con nitrato de potasa, con melazas y otros cuerpos; pero el mas feliz ha sido el de Zamboni; su pila se forma del modo siguiente: se pega en una cara de un pliego de papel, una hoja delgada de zinc, plata ó estaño, y en la otra, peróxido de manganeso; despues se cortan círculos que se colocan uno encima de otro en el mismo orden, hasta que presentan una columna de alguna elevacion, compuesta por lo menos de 500; la columna así formada se prensa fuertemente, y se le da por el esterior un barniz de goma laca para que forme caja y mantenga los círculos unidos: una pila dispuesta de este modo, funciona á veces mas de un año, pero la corriente es sumamente débil; empapando el papel en una sustancia delicuescente (434) ó en melaza, la accion es algo mas enérgica, pero dura menos tiempo. Antes se esplicaba la accion de esta pila suponiendo que el contacto del metal con el peróxido de manganeso producia la corriente; ahora se dice ser producida por la descomposicion de las materias orgánicas del papel. Dos aplicaciones se han

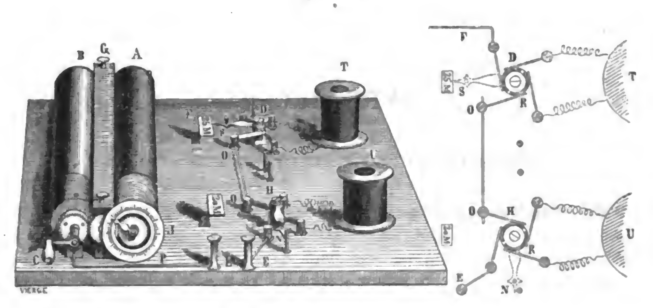
hecho de las pilas secas; la una para un aparato de física recreativa, que consiste en un pequeño juego de sortija, que gira continuamente por la atraccion y repulsion que producen dos pilas secas sobre piezas metálicas apoyadas en equilibrio en una punta ó girando sobre un eje. La otra aplicacion es un electrómetro formado como el que hemos esplicado (*fig.* 495), pero tiene una sola hoja de oro, y los conductores *R* son dos pilas secas con los polos superiores diferentes; con una pequeña cantidad de electricidad que tenga la hoja de oro, es atraida por la pila que tiene en la parte superior el polo de nombre contrario, y repelida por la otra, de modo que es un electrómetro sumamente sensible, y lo es todavía mas haciéndole condensador (916).

957. Propagacion de las corrientes. Las corrientes se propagan, segun hemos visto, por los alambres ó cuerpos sólidos y por los líquidos, pero no todos las conducen del mismo modo aunque sean de los llamados conductores: De la Rive ha visto que un cuerpo conduce una corriente tanto mejor, cuanto mas cuerpos haya esta atravesado antes, propiedad que tambien hemos dicho existe en el calórico (387). Davy ha observado que la conductibilidad de un alambre está en razon directa de su grueso é inversa de su longitud, siendo la intensidad de la corriente igual en todos los puntos del alambre. Se ha observado tambien que en los sólidos disminuye la conductibilidad aumentando la temperatura, y segun Becquerel, á la temperatura de cero puede representarse la conductibilidad por los números siguientes: plata recocida **100**; cobre recocido **91,5**; oro recocido **64,9**; zinc **24**; hierro **15,5**; estaño **14**; plomo **8,3**; platino **7,9**; mercurio **1,739**. La conductibilidad de los líquidos se ha visto que es muchisimo menor que la de los sólidos, siendo segun Pouillet miles de millones de veces menor la conductibilidad del agua que la del cobre. Se ha observado que la mayor temperatura aumenta la conductibilidad de los liquidos, al contrario que los sólidos, y que siendo **1** la conductibilidad del agua destilada á cero, es, segun Pouillet, la del agua con **1:20000** de ácido nitrico **6**; la del agua saturada de sulfato de zinc **167**, y saturada de sulfato de cobre **400**.

958. Reostata. El aparato llamado *reostata*, muy importante para apreciar varias condiciones en los conductores de las corrientes (*fig.* 526), consiste en dos cilindros, uno de madera *A* y otro metálico *B*, que pueden girar sobre sus ejes por medio del manubrio *C* y tres ruedas dentadas; el cilindro de madera tiene una canal en forma de tornillo, que le da muchas vueltas, y en esta se arrolla un alambre cuyo estremo está comunicando, por un conductor *F*, con el boton *D* que por *H* puede ponerse en comunicacion con *E*; este alambre se arrolla en el cilindro *B*, al que está sujeto el estremo opuesto, y el cilindro *B* está en comunicacion con el boton *L* por medio del conductor *P*; uniendo á este boton *P* y al *E* los polos de la pila, viene la corriente por *L* al cilindro metálico *B*, y sea cualquiera el número de vueltas que dé el alambre en este cilindro, como forma todo un buen conductor, pasará la corriente en seguida por el mismo alambre al cilindro *A*, donde tiene que recorrer todas las vueltas del alambre, porque están separadas en la canal de *A* que es de un cuerpo mal conductor; en seguida sale la corriente por *F* y *H* á *E*, donde está el otro polo de la pila: dando vueltas al cilindro *B* por medio del manubrio *C*, se va arrollando el conductor en él y desarrollándose en *A*, que gira al mismo tiempo movido por las ruedas dentadas; de este modo,

como se ve, puede aumentar ó disminuir la longitud del alambre por donde pasa la corriente, desde su longitud total, si se encuentra todo él arrollado en *A*, hasta solo el cilindro *B* y los conductores que unen á este con *L* y *E*, si todo el alambre está arrollado en *B*: una regla dividida *G*, marca la estension de conductor que hay arrollado en *A*, y en un círculo *J*, tambien graduado, indica una aguja que se mueve con el mismo cilindro, fracciones de esta estension; el aparato descrito constituye un reostata, pero se ha dispuesto de modo que pueda á voluntad aumentarse el circuito en una cantidad notable: para esto se ha hecho una adicion


Fig. 526.



al aparato, que se marca tambien fuera en mayor escala, representando lo mismo las letras iguales: *D* y *H* son dos botones ó ejes de un cuerpo mal conductor, que pueden girar moviendo las agujas *S* y *N*: estos ejes tienen unos anillos *R* interrumpidos en dos puntos opuestos; alrededor de cada boton hay otros cuatro con lengüetas apoyadas en los anillos *R*, los dos *O* comunicando entre sí, otros dos con los conductores *F* y *E*, y los restantes con dos carretes *U* y *T*, en que hay arrollado alambre cubierto de seda para que las vueltas estén aisladas: colocadas las agujas *S* y *N* como marca la figura, entra la corriente por *L*, recorre todo el alambre de *A* y pasa por *F* al anillo *R*, que como está interrumpido, la hace marchar á recorrer el alambre de *T* y volver otra vez á *R*, y por *O* al eje *H*, que está colocado de otro modo que el *D*, y hace pasar la corriente por la mitad de *R* á *E*: puesta la aguja *N* como la *S*, entra la corriente tambien á *U*; puesta la *S* como está la *N*, no entra en *T*; y puestas las dos como la *N* no entra en ninguno de los dos carretes: en frente de las agujas hay dos planchitas, que marcan que en el *T* hay 25 metros de conductor y en *U* hay 20; además el alambre de *A* tiene 20 metros, de modo que el circuito puede hacerse desde muy pequeño, arrollando todo el conductor en *B*, hasta 20 metros, que con los carretes pueden convertirse en 40, en 45 ó en 65. Con este aparato se puede medir la resistencia que oponen diferentes alambres al paso del fluido, uniéndole á otro aparato que mida la intensidad de la corriente despues de haber pasado; puede medirse tambien la resistencia en alambres del mismo cuerpo, para diferente diámetro y distinta longitud; es, en fin, un aparato importante en el estudio de las corrientes.

959. Velocidad de la electricidad. Para medir la velocidad de la electricidad al propagarse por los alambres, se han hecho varios esperimentos por diferentes físicos, que han dado resultados muy distintos; pero los que han repetido Fizeau y Gounelle en alambres de telégrafo, han dado los resultados siguientes, iguales para las dos electricidades: alambre de hierro, 45 diezmilímetros de diámetro, 101700 kil. por segundo, 18200 leguas; alambre de cobre, 25 diezmilímetros de diámetro, 177700 kil. por segundo, 31800 leguas. La tension y la intensidad de la corriente no influyen en la velocidad, que no es tampoco proporcional á la conductibilidad en dos diferentes cuerpos. Con la velocidad del alambre de hierro, que es la menor que hemos indicado, da la electricidad en 1 segundo mas de dos vueltas y media á nuestro globo, por el Ecuador.

CAPITULO V.

VARIOS EFECTOS DE LA ELECTRICIDAD DINÁMICA.

960. Efectos químicos. En la electricidad estática, hemos visto efectos notables por la recomposicion instantánea de los dos fluidos: en las pilas, la intensidad no es tan grande, pero obrando de una manera contínua, los efectos son mas importantes, y de grandes y sorprendentes aplicaciones. Empecemos por dar á conocer los efectos químicos, de los cuales hemos tenido que hacer mencion al esplicar la teoría moderna de las pilas. Para la produccion de estos efectos, que consisten principalmente en descomposiciones de cuerpos que, no siendo en general muy buenos conductores, se resisten mas á la propagacion del fluido que á la descomposicion, naturalmente se necesitan pilas que produzcan mas bien corrientes de mucha tension que grandes cantidades de fluido, y por tanto son necesarios muchos pares, aunque sean de poca superficie (944).

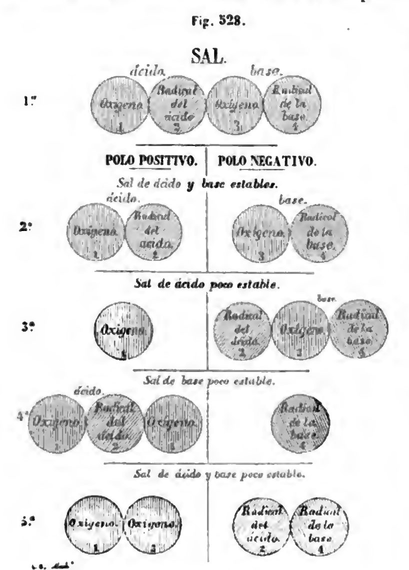
961. Descomposicion del agua. El primer cuerpo descompuesto por la pila ha sido el agua; el aparato empleado al efecto consiste (*fig.* 527) en una copa ó vaso *A*, que está atravesado en su fondo por dos alambres de platino *B* y *C*; se echa agua en el vaso, y colocando dentro dos campanitas invertidas y llenas tambien de agua, de modo que cada una contenga en su interior uno de los alambres, uniendo estos á los polos de una pila, empieza la descomposicion, reuniéndose en el electrodo positivo el oxígeno y en el negativo el hidrógeno; un solo par de Bunsen de los pequeños, basta para la descomposicion, pero si se quiere rápida se reunen mas pares, y sobre todo, se echan algunas gotas de un ácido en el agua, para que conduzca mejor el fluido; si las campanitas están graduadas en partes de igual volumen, se verá que el hidrógeno es exactamente el doble que el oxígeno (157), y por tanto, se tiene el análisis cualitativo, reconociendo los gases resultantes, y cuantitativo por el volumen que ocupan: segun Faraday, la cantidad en peso de los elementos separados, es proporcional en todo cuerpo á la


Fig. 527.

cantidad de electricidad que ha producido la separacion; admitido este principio, la cantidad de agua descompuesta en un tiempo dado, sirve para medir la electricidad producida por una pila, y por esta razon el mismo Faraday ha dado el nombre de *voltámetro* al aparato que dejamos descrito para la descomposicion del agua, pues de la cantidad descompuesta se podrá deducir la cantidad de fluido que se ha formado.

962. Descomposicion de ácidos y óxidos. Lo mismo que el agua se descomponen todas las combinaciones del oxígeno con otro cuerpo, ya sean ácidos, ya óxidos, reuniéndose el oxígeno en el polo positivo y el otro cuerpo en el negativo: algunos óxidos, como la barita, la estronciana y la cal, no se han descompuesto sino por este medio. Los hidrácidos ó cuerpos formados por el hidrógeno y otro elemento, se descomponen reuniéndose el hidrógeno en el polo negativo, y el otro cuerpo, ó sea el radical, en el positivo. De aquí la denominacion y clasificacion química de todos los cuerpos en *electro-positivos* y *electro-negativos*, llamando á los que se dirijen al polo positivo electro-negativos, y vice-versa, pues su electricidad debe ser contraria á la del polo donde se dirijen para ser atraidos por él. Hay cuerpos que son siempre electro-positivos ó electro-negativos, por ejemplo, el oxígeno es siempre de estos últimos y el potasio de los primeros; hay tambien cuerpos que son uno ú otro segun el cuerpo con que están combinados; el azufre con el hidrógeno es electro-negativo, y con el oxígeno, lo contrario.

Fig. 528.



963. Descomposicion de las sales. Las sales se descomponen tambien, pero de diferente manera segun su naturaleza y la intensidad de la corriente; en la *figura* 528 se marcan estas descomposiciones. La primera línea representa una sal, que se forma de un ácido, compuesto de oxígeno **1**, y otro cuerpo **2**, y de un óxido ó base compuesta de oxígeno **3**, y otro cuerpo **4**. Si es una sal cuyo ácido y base son muy estables, como el sulfato de potasa, se separan estos dos cuerpos, línea **2.ª**, pasando el ácido al polo positivo y la base al negativo; si el ácido es poco estable, se hace la misma separacion, pero el ácido despues se descompone, pasando su radical al polo negativo y el oxígeno al positivo, línea **3.ª**; si la base es poco estable se descompondrá esta despues de se-

parada, pasando su oxígeno al polo positivo y quedando su radical solo en el negativo, línea 4.ª; finalmente, si el ácido y la base son poco estables, despues de separadas se descomponen, pasando el oxígeno de los dos cuerpos al polo positivo y el radical de los dos al polo negativo, línea 5.ª: ya hemos visto ejemplos de descomposicion al estudiar las pilas de corriente constante (950), y todavía veremos otros ejemplos al tratar de las aplicaciones de la electricidad dinámica. Se hacen esperimentos curiosos fundados en la descomposicion de las sales por una corriente eléctrica; citaremos algunos. 1.° En un tubo encorvado *A* (*figura* 529), se pone una disolucion de ácido y base estables, sulfato de potasa por ejemplo, mezclada con tintura de violeta; introduciendo los reóforos de una pila, se ve en el positivo una coloracion roja que proviene de la accion del ácido sobre la tintura, siendo en el negativo la coloracion verde, por la accion de la base sobre la misma tintura. 2.° Supongamos ahora dos vasos diferentes con el sulfato de potasa, y comunicándose por medio de una mecha de amianto que no se altera con el sulfato; introduciendo en cada uno de los vasos un reóforo, encontramos al cabo de algun tiempo todo el ácido en el vaso del polo positivo y toda la base en el otro. 3.° Si son dos sales diferentes las que contienen los vasos, encontraremos los dos ácidos en el del polo positivo y los dos álcalis en el otro; en este caso y en todos los que una misma corriente descompone varias sales, segun Faraday, los pesos de los elementos separados en cada sal, están en razon de sus equivalentes químicos. 4.° Si se toman tres vasos, el primero con una sal, el mismo sulfato de potasa por ejemplo, el segundo con tintura de violetas y el tercero con agua, y se les hace comunicar con mechas de amianto, introduciendo el reóforo positivo en el agua y el negativo en la sal, encontraremos al cabo de algunas horas, que en el vaso de la sal no ha quedado mas que la base, en el del agua encontraremos el ácido, y la tintura del vaso intermedio, por donde ha debido pasar el ácido, no se ha enrojecido; si se cambian de vasos los electrodos, el ácido queda en el vaso que contenia la sal, la base pasa al del agua, y la tintura de violetas, por donde pasa la base, no toma color verde: pudieran citarse todavía algunos esperimentos de esta clase. 5.° Colocando en el fondo de una disolucion de sulfato de cobre una plancha metálica en comunicacion con el polo negativo de una pila de pequeña corriente, y poniendo perpendicular á la plancha otro alambre que no la toque, pero que esté cerca de ella, y que comunique con el polo positivo, se deposita el cobre encima de la plancha en forma de anillos de colores brillantes, que Nobili ha observado, y esplica por los anillos coloreados de Newton (761). En las sustituciones de metal que se producen en ciertas sales, se atribuye parte de la accion á la corriente eléctrica formada: por ejemplo, si se coloca en un vaso una disolucion de acetato de plomo y un pedazo de zinc, este metal, como mas oxidable que el plomo, se sustituye á él y le precipita en forma de agujas brillantes que se adhieren á unos alambres de laton que deben ponerse clavados en el corcho del frasco y dentro de la disolucion, resultando ramificaciones vistosas, que se preparan como objeto curioso al que han dado el nombre de *árbol de Saturno:* como se ha observado que la disolucion debe ser ácida para que la produccion del fenómeno se produzca, se ha supuesto una

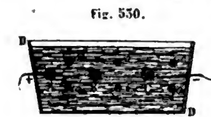
Fig. 529.

corriente eléctrica formada por la reaccion del ácido libre sobre el zinc. Si la disolucion es de nitrato de plata y se pone mercurio, se precipita la plata lo mismo que el plomo, adhiriéndose á los alambres, y forma el llamado *arbol de Diana*.

964. Ozona. El oxígeno recojido en el polo de una pila ha sido estudiado por Schœnbein, y le ha encontrado propiedades muy particulares, como son, entre otras, un olor de azufre y fósforo, semejante al de una fuerte descarga eléctrica, y energía para combinarse con los cuerpos y formar óxidos en las circunstancias en que el oxígeno puro no las formaria. Este cuerpo, á que se ha dado el nombre de *ozona*, se estudia por los físicos, pero no es importante en el dia para ocuparnos de él en este tratado.

965. Teorías de los efectos químicos. Entre otras teorías dadas por diferentes físicos para esplicar los efectos químicos de las corrientes, examinaremos solamente dos. Grotthus esplica la descomposicion de los cuerpos suponiendo que las moléculas mas inmediatas á los polos son las que quedan solo descompuestas, efectuándose en las demás una descomposicion de sus elementos y una recomposicion con los contrarios de la molécula siguiente; por ejemplo (*fig.* 530), supongamos la masa de agua *D* atravesada por una corriente; las diferentes moléculas formadas por 1 átomo de oxígeno y 2 de hidrógeno (157) se descomponen, resultando de una de ellas el átomo *A* de oxígeno y los dos *aa* de hidrógeno; la siguiente molécula dará el átomo *B* de oxígeno y los *bb* de hidrógeno, y así las demás: pero los átomos *aa* electro-positivos se unen al *B* electro-negativo de la molécula siguiente, formando otra vez agua; los *bb* se unen al *C* y lo mismo los demás, quedando por tanto el *A* de la primera molécula y los *cc* de la última, libres para unirse á los polos de electricidad contraria. Esta hipótesis podria esplicar las descomposiciones 1.ª y 2.ª (963) que hemos citado, pero no puede esplicar la 3.ª y 4.ª, porque si los reóforos están en líquidos diferentes no puede ser que se vayan recomponiendo las moléculas descompuestas, sin dar lugar á cuerpos nuevos, que no se presentan; además, no se puede esplicar con esta teoría cómo pasan las moléculas de un vaso á otro, y tampoco es verosimil que la corriente que es causa de descomposicion de moléculas, lo sea al mismo tiempo de recomposicion de las mismas. De la Rive supone que existe en la corriente una afinidad para los átomos de electricidad contraria, que produce primero la descomposicion del cuerpo y despues el trasporte de los átomos á través de los cuerpos líquidos que cierran el circuito, porque entre las moléculas de un líquido el trasporte es fácil, pero llegando estos átomos al alambre conductor ya no puede el fluido llevarlos por entre las moléculas del alambre, y por tanto las deposita en la punta de este; apoya su teoría en la observacion de que cuanto mas alambre entre en el líquido, mayor es la cantidad de cuerpo descompuesto, y en que poniendo entre los polos planchas metálicas perpendiculares á la corriente, se encuentra en sus caras parte del cuerpo descompuesto. Esta teoría puede esplicar las descomposiciones 3.ª y 4.ª, porque en la 4.ª podremos suponer que la corriente positiva, por ejemplo, lleva consigo los átomos negativos por las mechas á través del líquido que las baña, pasando tambien por la tintura de violeta pero sin

Fig. 530.



alterarla, por ser mayor la afinidad de la corriente con el átomo que trasporta que la afinidad de la tintura con el mismo átomo; este al fin llegará al estremo del alambre del último vaso, y allí se depositará: á pesar de que pudieran presentarse algunas objeciones á esta teoría, nos parece sin embargo la mas admisible de todas las inventadas.

966. Corrientes hidro-eléctricas. Las corrientes que provienen de reacciones químicas suelen llamarse corrientes *hidro-eléctricas*, para distinguirlas de otras cuyo origen es diferente.

967. Efectos caloríficos. Los efectos caloríficos de la pila se producen mas por la cantidad de electricidad que por su tension, lo que indica la necesidad, para producirlos, de pilas de mucha superficie aunque sean de pocos pares (944). Becquerel ha colocado un alambre en comunicacion con los polos de una pila, y dentro de un tubo con agua; calentada esta por la corriente, ha observado que la cantidad de calórico está en razon directa de la del fluido que la produce, y tambien de la resistencia que opone el alambre, por su conductibilidad, al paso de la corriente: tambien ha observado que la temperatura es igual en todo el alambre, cualquiera que sea su estension, siendo su diámetro el mismo; pero si no lo es, crece la temperatura en razon inversa de su cuarta potencia: sin embargo, los efectos caloríficos en los líquidos no se pueden observar con exactitud, por el mucho calórico que hacen específico, y por el que llevan latente los gases formados: por esto, en la descomposicion del agua hay menos calor en el polo negativo, pues se forma doble cantidad de gas. Children tambien ha observado que una corriente, al atravesar varios alambres de diferentes cuerpos, produce mas calórico en los menos conductores, y de aquí el suponer que el calórico es producido por la resistencia que oponen los cuerpos á la recomposicion de los fluidos. El calor eléctrico funde los metales que resisten á las temperaturas mas èlevadas, como el platino; de modo que solo el carbon es el que no se ha fundido, aunque Despretz dice haberle ablandado, obteniendo un principio de fusion con 600 pares de Bunsen; estos esperimentos con los metales se hacen poniéndolos en forma de alambres de modo que cierren la corriente, y si es otro cuerpo diferente, se disponen del mismo modo en forma de barras delgadas; así empiezan por ponerse candentes, se funden luego, y algunos se volatilizan, como el cobre, plata y oro.

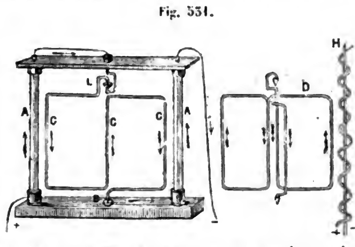
968. Efectos luminosos. Poniendo muy próximos dos electrodos de una pila, pasan entre ellos chispas luminosas, que segun la cantidad de electricidad son mas ó menos contínuas, y forman una luz viva; por lo tanto, en la produccion de luz es necesario mucha electricidad, aunque sea con poca intensidad, ó lo que es lo mismo pocos pares de mucha superficie (944): colocado un cuerpo en la corriente eléctrica se pone candente, como ya hemos dicho, y produce mas ó menos luz, siendo tan viva con algunos cuerpos que no la soporta nuestra vista: colocando dos conos de carbon en los estremos de los electrodos, y poniendo sus puntas á corta distancia una de otra, se forma una luz, que despues de la del sol, es acaso la mas brillante que se conoce. Davy la producia con carbon de pino que ponia candente, y apagaba sumergiéndole en mercurio, y para que no se gastara tan pronto, le colocaba en un globo de cristal en que hacia el vacío; ahora se emplea el cok para producir esta luz, de la que nos ocuparemos con toda estension mas adelante. La luz eléctrica se descompone por el prisma, formando un espectro semejante al

solar (746); ejerce accion sobre el cloruro de plata, quema el cutis, y es tambien semejante á la solar en algunas otras propiedades.

969. Efectos fisiológicos. Si se coloca el estremo del electrodo positivo sobre la lengua y el del negativo debajo, se siente una conmocion en ella, y un sabor ácido; y si se cambian, es igual la conmocion, pero el sabor es alcalino. Tomando en cada mano uno de los electrodos de la pila, en el momento de cerrar el circuito con los brazos se siente una conmocion tanto mayor, cuanto mas grande sea la tension del fluido, es decir, cuanto mayor sea el número de pares de la pila; sensacion que se está sintiendo sin interrupcion por sacudimientos bruscos, puesto que la corriente se produce de una manera contínua; una corriente de mas de 100 pares de Bunsen no debe recibirse. Estas conmociones no se estienden como las de una botella, y si varias personas forman cadena, la sienten generalmente solo aquellas mas próximas á los polos, efecto muy natural puesto que la cantidad de electricidad es pequeña. Se han hecho esperimentos sobre animales asfixiados, y han vuelto á la vida por la corriente eléctrica, algunos hasta media hora despues de estar en este estado. Los efectos producidos sobre cadáveres, todavía recientes, han sido muy notables; se citan entre otros los esperimentos hechos con el de un ajusticiado; al recibir la corriente eléctrica, se le vió mover los ojos, brazos y piernas, hacer contorsiones horribles, doblarse como si se fuera á levantar, y hasta mover el pecho lo mismo que en el acto de la respiracion; pero en el momento de cesar la corriente, concluian tambien todos los movimientos completamente. Mas adelante veremos tambien que la electricidad se ha aplicado como medio de curacion para algunas enfermedades.

970. Electro-dinámica. Accion de unas corrientes sobre otras. Si dos corrientes se ponen en circunstancias á propósito para observar su accion recíproca, se verán entre ellas atracciones ó repulsiones segun su direccion, y la posicion respectiva de los conductores. Supongamos dos corrientes paralelas, y fijemos como direccion de ellas la del fluido positivo (943), si estas corrientes marchan en direccion contraria, se repelen, y si en la misma direccion, se atraen: para observar estas leyes, supongamos (*fig.* 531) dos columnas *A* de metal, por las que llegan las corrientes á unas cápsulas *B* y *L*, en que se pone mercurio para hacer bien el contacto; coloquemos sostenido en estas cápsulas un alambre *C*, doblado como indica la figura; las flechas marcan la direccion de la coriente, y se ve que en las columnas es contraria á la de las partes mas inmediatas del alambre; colocando este en el plano de las columnas, y haciendo pasar la corriente de una pila, gira el alambre sobre sus estremos *BL*, que son puntas que le sostienen sumergidas en el mercurio, y sale fuera del plano de las columnas; lo que prueba que en este caso las dos corrientes se han repelido. Para producir corrientes en el alambre que tengan la misma direccion que las que pasan por las columnas, se dobla como indica el

Fig. 531.



D, y en este caso, colocado de modo que no esté en el plano de las columnas, al hacer pasar la corriente, es atraido hasta que se coloca en este plano.

971. Corrientes en ángulo. Si las corrientes forman ángulo y van en la misma direccion, ya sea desde el vértice ó viniendo hácia él, se atraen; pero si marchan en direccion contraria se repelen, esto es, si viene una hácia el vértice y otra sale de él: para observar estas leyes se coloca un alambre fijo horizontal, y otro suspendido, tambien horizontal, que forme ángulo con el primero; haciendo pasar la corriente por los dos alambres, si va en ellos en la misma direccion, el ángulo disminuye, y si en direccion contraria, se aumenta. La accion recíproca de las corrientes angulares, es una fuerza que produce en circunstancias á propósito un movimiento de rotacion; supongamos (*fig.* 532) una corriente circular fija *A*, en direccion de las flechas, y otra *B* rectilínea movil al rededor del centro; en el ángulo *BCD*, las corrientes en direccion opuesta se repelen, y por lo tanto tienden á mover *CB* hácia *A*; en el ángulo *BCA* como se reunen dos corrientes en la misma direccion se atraen, y por lo tanto tienden tambien á mover *CB* hácia *A*.

Fig. 532.



Fig. 533.



Entre los varios aparatos construidos para producir este efecto, describiremos uno sencillo (*fig.* 533), que consiste en un vaso *A* de vidrio, en cuyo centro se eleva una columna metálica *B*, terminada en una capsulita *C*, donde se pone mercurio; en esta cápsula se apoya un alambre *D*, que sostiene el anillo *H* de cobre; el vaso se rodea de un alambre de cobre cubierto con seda, por el cual pasa la corriente que entra por su estremo *L*, y llega por el otro estremo á la columna *B* desde su parte inferior; en el vaso se pone agua acidulada, y un alambre sumergido en ella en comunicacion con el otro polo de la pila; si se pone esta en accion, la corriente entra por *L*, y produce por consiguiente una circular al rededor del vaso, cuya accion estará aumentada porque da varias vueltas; despues llega á la columna *B*, y pasa por *D* al anillo *H*, desde donde el líquido la lleva á *P*, de modo que el sistema da vueltas al rededor de *C* por la influencia del ángulo que forman las corrientes que bajan por *D*, con la que pasa al rededor del vaso.

972. Corrientes indefinidas y limitadas. Si una corriente es indefinida y otra limitada, tienden á colocarse paralelas si están formando ángulo, pues suponiendo la corriente indefinida como fija, y la otra movil, esta será atraida ó repelida segun la ley de corrientes en ángulo (971), hasta colocarse en la misma direccion y parelela á la otra.

973. Corrientes sinuosas. Si una corriente es sinuosa, produce el mismo efecto que si fuera recta: para probarlo, á un alambre recto *H* (*fig.* 531) se rodea otro, y se hace pasar la corriente de diferente polo por ellos; poniéndolos inmediatos á una que sea móvil, no ejercen accion ninguna sobre ella, lo que es prueba de que la sinuosa que va por el alambre dobladó hace equilibrio á la rectilínea de *H*.

974. Solenoides. Se llama *solenoide* á un alambre (*fig.* 534) cubierto de

seda ó de otro cuerpo mal conductor, que tiene una parte recta y despues se arrolla sobre esta el resto del alambre, por el que pasa la corriente: esta disposicion produce el efecto de una porcion de corrientes circulares y paralelas. Lo dicho sobre la accion recíproca de dos corrientes, nos esplica la de un solenoide y una corriente, que será la de colocarse paralelas ambas, lo que se verificará cuando el solenoide y la direccion que tiene la otra corriente formen un ángulo recto próximamente: tambien nos esplicará la accion recíproca de dos solenoides, que será la de atraerse un estremo con otro en donde las dos corrientes tengan la misma direccion, y repelerse el mismo estremo del uno con el opuesto del otro, que será en donde tengan direcciones contrarias las dos corrientes.

Fig. 534.

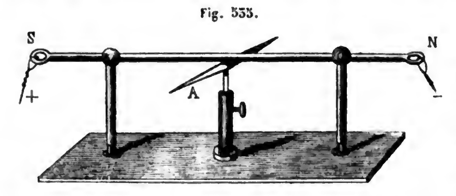
CAPITULO VI.

ELECTRO-MAGNETISMO.

975. Electro-magnetismo. Se da el nombre de *electro-magnetismo*, á la parte de la física en que se estudia la accion recíproca de las corrientes eléctricas y los imanes.

976. Accion de una corriente sobre los imanes. Si se pone una aguja imantada *A* (*fig.* 535) debajo de una barra metálica *SN*, colocada en direccion del meridiano magnético, es evidente que esta barra y la aguja estarán paralelas; pero si se hace pasar por la barra una corriente eléctrica, la aguja se desvía de su posicion y tiende á tomar una direccion perpendicular á la corriente, aproximándose tanto mas á esta direccion cuanto mayor intensidad tenga el fluido, y desviándose la aguja hácia un lado ú otro segun la direccion y posicion de la corriente con respecto á ella: en efecto, si suponemos el polo positivo en el lado Sur de la posicion que tiene la barra y el negativo en el Norte, el polo austral de la aguja se dirije al Oeste, si la barra está sobre la aguja, esto es, si la corriente pasa por encima, y se dirije al Este si pasa por debajo; pero si los polos se cambian en la barra, la aguja se desvía en posicion contraria para los dos casos: vemos segun esto que se puede hacer tomar á la aguja dos distintas posiciones, ó cambiando la direccion de la corriente ó cambiando la posicion de esta con respecto á aquella.

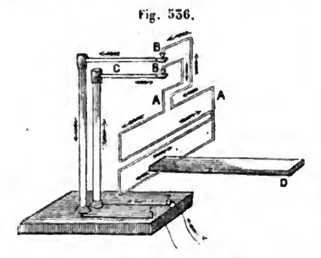
Fig. 535.



977. Accion de un iman sobre las corrientes. Suponiendo el iman movil y la corriente fija, hemos visto (976) que esta da direccion al iman; pero si, por el contrario, fuera este fijo y la corriente movil, recibiria direccion por

la influencia del iman. Supongamos (*fig.* 536) un alambre *A* en la forma que se representa, y sostenido por sus estremos, que terminan en punta, sobre unas capsulitas *B* con mercurio colocadas en dos soportes *C*, que comunican con la pila; si la corriente positiva sigue la direccion marcada por las flechas, aproximando un iman *D* se verá al alambre que da paso á la corriente, girar sobre los puntos *B* y colocarse en una direccion perpendicular á la barra, y en la posicion que le corresponde segun hemos visto en el caso de la aguja movil (976). Si un solenoide movil se pone en presencia de un iman, en el momento de hacer pasar la corriente hay atraccion entre uno de los estremos del solenoide y un polo del iman, y hay repulsion entre el mismo estremo y el otro polo del iman, que es exactamente lo que se verifica entre dos imanes (875); por esta causa, se llama polo austral en un solenoide el estremo que es repelido por el polo austral del iman, y polo boreal el que es atraido por el austral del iman.

Fig. 536.



978. Accion de la tierra sobre las corrientes. La tierra ejerce accion sobre los imanes (875), y por tanto debe producirla tambien sobre las corrientes: para observar si esto sucede, se hace uso de un alambre movil doblado en forma circular y sostenido en el aparato *figura* 536; si se coloca este alambre en la direccion del meridiano magnético y se hace pasar la corriente, se verá el alambre tomar una posicion perpendicular al meridiano; y si despues se varian las corrientes, el alambre gira, haciendo una media vuelta para colocarse de nuevo perpendicular al meridiano. Vemos segun esto, que la tierra influye como un iman sobre las corrientes, y por eso en los esperimentos de la accion de las corrientes unas sobre otras, ó las de los imanes sobre ellas, influye la accion terrestre si no se disponen las corrientes móviles de modo que esta accion se destruya, para lo cual hemos visto (*fig.* 536) que los alambres están dispuestos de modo que á los dos lados del eje sobre que han de girar, las corrientes son en igual número y direccion, y de este modo, obrando la tierra con la misma intensidad á los dos lados y en direccion opuesta, se destruye su accion, y el sistema forma lo que se llama *corrientes astáticas*. La accion de la tierra se ejerce tambien sobre los solenoides y del mismo modo que sobre una corriente; por tanto, si se pone un solenoide movil fuera de la direccion del meridiano magnético, vendrá á ponerse exactamente en ella, pues de este modo las corrientes serán perpendiculares al meridiano.

979. Teoría de Ampere. Ampere ha hecho una teoria para esplicar el magnetismo, teniendo en cuenta la accion que se ejerce entre imanes y solenoides. Supone que existen corrientes voltáicas alrededor de cada molécula de los cuerpos magnéticos; si estas corrientes marchan en todas direcciones y dan una resultante nula, los cuerpos no están imantados; pero si se producen todas las del mismo nombre en igual direccion, y son paralelas, dando por resultante una corriente que rodea al cuerpo y formando de él un solenoide, se halla en el caso en

que se dice estar imantado. Para esplicar la accion directriz de la tierra, supone que en esta hay corrientes que constantemente marchan de Este á Oeste perpendiculares al meridiano magnético rodeando la tierra, las cuales pueden provenir de la accion calorífica del sol.

980. Galvanómetro. Existe un aparato sumamente importante, fundado en la accion que ejercen las corrientes sobre los imanes, y cuyo objeto es indicar la existencia de una corriente y tambien su direccion é intensidad. Supongamos (*fig.* 537) un sistema de agujas semi-astático (896) *AB*, sobre las cuales la influencia de la tierra será pequeña, y hagamos pasar una corriente *CDOH;* la corriente *CD* tiende á desviar la aguja *B* hácia el Este (976), y la *OH* superior en sentido contrario, la desvia hácia el mismo lado; esta corriente *OH* influye tambien sobre la aguja *A*, que si tuviera igual posicion que la *B* la haria desviar en direccion contraria; pero como su posicion es inversa de la que tiene esta aguja *B*, se desvia en igual direccion: la corriente *DC* influye tambien sobre la aguja *A*, destruyendo el efecto que sobre ella produce *OH;* pero como esta última se halla mas próxima, su influencia es mayor y vence la de la corriente *DC:* por lo tanto, el sistema se moverá por la accion de las dos corrientes sobre la aguja *B* y por la *OH* sobre la aguja *A*, cuyas tres acciones tienden á moverla hácia el mismo lado, encontrándose algo disminuidas por la accion de *DC* sobre *A*, que obra en sentido contrario. Teniendo esto presente, vamos á describir el aparato conocido con los nombres de *galvanómetro*, *reómetro* y *multiplicador* (*fig.* 538). Se compone de un alambre cubierto de seda arrollado en una pieza *A*, y con sus estremos en los botones *B;* suspendidas de un hilo muy delgado *C*, generalmente una hebra de gusano de seda, están dos agujas que forman un sistema semi-astático *D*, unidas por un alambre de cobre, una de ellas dentro de la pieza *A* y otra fuera, marcando en el disco *H* sus diferentes posiciones: una corriente que entre por uno de los estremos del alambre, recorre todas sus vueltas, y produce una serie de corrientes paralelas que influyen sobre las agujas, haciéndolas aproximarse á la posicion perpendicular á estas corrientes, de modo que por muy pequeña que sea la que entra en el alambre, hace variar la posicion de las agujas, y si fuera el sistema perfectamente astático, una corriente cualquiera la haria variar, porque no tendria que vencer mas que la resistencia á la torsion del hilo *C*, que puede suponerse nula; pero no siendo enteramente astático, la corriente debe vencer tambien la resistencia que producirá la accion de la tierra, que naturalmente será pequeña: el alambre con la cubierta de seda está aislado, y da 500 á 600 vueltas en la pieza *A*, aunque no siempre debe dar tantas vueltas, pues para corrientes débiles conviene que sea mas grueso y corto que para corrientes mas enérgicas, que debe ser largo y delgado: así dispuesto el aparato, una corriente muy pequeña mueve la aguja, que segun al lado

Fig. 537.

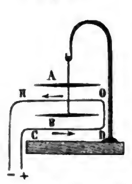
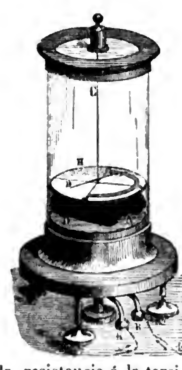


Fig. 538.



á que se incline, marcará la direccion tambien de la corriente: si queremos indicaciones de la intensidad del fluido, es necesario graduar cada aparato en particular, y para ello se arrollan en *A* dos alambres de igual grueso y longitud; se hace pasar por uno de ellos una corriente cualquiera, y se marca en el círculo *H* el punto que señala la aguja; despues se añade á esta corriente otra en lo posible igual, que pasa por el segundo alambre, y se marca tambien el punto que la aguja señale poniendo un doble número; si ahora se hace pasar por uno de los alambres una corriente con la que marque la aguja el mismo punto que con las dos corrientes, y por el otro alambre otra igual, en el punto nuevamente marcado se pondrá un número cuádruplo, y así sucesivamente. En este aparato de dos alambres, haciendo pasar una corriente en sentido contrario por cada uno de ellos, se podrá medir la diferencia de intensidad entre las dos, porque la aguja se desviará en la direccion que corresponde á la mas intensa, y con este desvío marcará la diferencia de ellas el aparato, que así dispuesto, se llama *galvanómetro diferencial.*

981. Electro-imanes. Hemos visto que una corriente produce la desviacion de una aguja magnética, ó lo que es lo mismo, ejerce accion sobre sus fluidos; esto hace creer que si la accion se ejerce sobre un cuerpo magnético, sus fluidos han de separarse, y el cuerpo quedará imantado; en efecto, pongamos un cuerpo magnético atravesado por una corriente, en contacto con limaduras de hierro, y veremos á estas adherirse como en los imanes (873), pero se desprenderán en el momento que cese la corriente. Esta accion ejercida por una corriente sobre los fluidos magnéticos, es mas marcada cuando la corriente rodea al cuerpo: tomemos un pedazo de hierro *AB* (*fig.* 539); arrollemos sobre él un alambre cubierto de seda, y hagamos pasar la corriente por este alambre; en el momento, el hierro se convierte en un iman poderoso con todas las propiedades que á los naturales y artificiales corresponden: en estos imanes los polos cambiarán de estremo segun la direccion de la corriente; si se arrolla el alambre de izquierda á derecha por encima, el polo austral está en el estremo por donde sale la corriente, pero si se arrolla por debajo, es el polo boreal el que está al estremo de la salida: en la figura el polo austral está en *A*. Colocando el cuerpo en un tubo de vidrio ó madera, y arrollando el alambre sobre este tubo, el efecto producido en el cuerpo es el mismo que si se arrollara sobre él directamente el alambre, pero si este tubo es de cobre, hierro ó de algunos otros cuerpos, el efecto es menor, y puede ser tambien nulo. Los cuerpos imantados por este medio se llaman *electro-imanes*, y pueden formarse de una fuerza grande (*fig.* 540), ro-

Fig. 539.

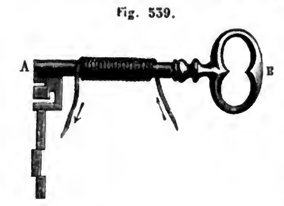
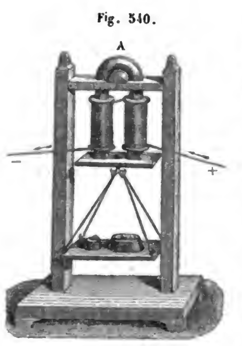


Fig. 540.



deando el alambre á los dos estremos de una barra en forma de herradura *A*, pero teniendo cuidado de rodearle en la misma direccion, pues de lo contrario los efectos de la corriente sobre cada estremo, se distruirian; estos electro-imanes son de mucha fuerza, y se puede medir colgando de la pieza de hierro unida al iman, un platillo de madera donde se colocarán pesas conocidas. Veremos despues importantes aplicaciones de los electro-imanes.

CAPITULO VII.

CORRIENTES DE INDUCCION. CORRIENTES TERMO-ELÉCTRICAS. ELECTRICIDAD ANIMAL.

982. Fenómenos de induccion. Se llaman corientes de induccion las que se producen en un conductor bajo la influencia de otra corriente. Supongamos (*fig.* 511) un cilindro, en el que se arrolla un alambre grueso *A* de cobre cubierto de seda, y encima otro mas delgado *B* tambien de cobre, y aislado con la seda; hagamos comunicar el alambre *B* con el galvanómetro (980), y el *A* con la pila; en el momento que la corriente pasa por este alambre, la aguja del galvanómetro indica una corriente en el alambre *B* en sentido contrario de la que pasa por *A*, pero en seguida la aguja vuelve á su posicion, y no marca corriente en *B* mientras está produciéndose en *A*; llega el caso en que la corriente de *A* cesa, y en el mismo instante vuelve á producirse otra corriente en *B*, en la misma direccion que la de *A*, y por lo tanto, contraria á la que primero se produjo; estas dos corrientes instantáneas producidas sobre el alambre *B* por la influencia de la que pasa por *A* en los dos momentos de empezar y cesar, son las que se llaman *corrientes de induccion*, dándose al alambre *A* por donde pasa la corriente que produce el fenómeno, el nombre de *alambre inductor*. Puede tambien prepararse el aparato pegando en la superficie de dos discos de vidrio dos alambres, cuyos estremos salgan por la parte opuesta; colocados estos discos uno frente de otro, la corriente de induccion se hará sentir en el alambre de un platillo, cuando por el del otro pasa una corriente ó descarga de una botella de Leyden. Si la corriente pasa por un alambre que pueda aproximarse mas ó menos al inductor, se observa que la de induccion persiste si se van aproximando ó alejando los alambres, produciéndose en una direccion cuando se acercan, y en otra cuando se alejan; si la distancia no varia, y aumenta ó disminuye la intensidad de la corriente, tambien se manifiesta la de induccion en las dos direcciones: en todos los casos las intensidades de las de induccion son proporcionales á la estension de los alambres, variando tambien con la naturaleza del cuerpo, pero sus efectos son iguales á los de la electricidad estática, produciendo chispas y todos los demás fenómenos.

Fig. 511.



983. Induccion por los imanes. Las corrientes de induccion se producen tambien con los imanes, y para ello se hace uso de un cilindro que tiene

arrollado en su parte esterior un alambre cubierto de seda, aparato que desde ahora llamaremos *carrete*; este carrete es hueco, y los estremos de su alambre comunican con el galvanómetro; introduciendo de pronto en el centro del carrete un iman, se observa que la aguja marca una corriente en el alambre, inversa de la que se produce alrededor de la barra imantada si esta se considera como un solenoide (979); esta corriente cesa en seguida, pero al momento de retirar la barra se forma otra corriente, contraria á la que se produjo primero. Si el carrete tiene una barra de hierro en su interior, el esperimento es mas cómodo, pues aproximando á uno de los estremos de esta barra el polo de un iman, la convierte por influencia en otro iman y la induccion se produce: puede producirse tambien la induccion, haciendo girar un iman inmediato á los estremos de una barra en herradura como la *A* (*fig.* 540) de un electro-iman, y como esta barra se imanta por influencia del iman que gira, se forman corrientes contrarias porque el iman al girar produce polos distintos en cada media vuelta sobre el hierro fijo; tambien puede producirse la induccion si la barra en herradura está imantada, haciendo girar un pedazo de hierro inmediato á ella, el cual se imanta por influencia formando la induccion. Las corrientes que resultan en los diferentes cuerpos, no son de igual intensidad para las mismas circunstancias, siendo el cobre el cuerpo en que son mas intensas. La accion de la tierra produce tambien corrientes de induccion segun Faraday, pero estas no son tan fáciles de observar como las producidas por otros medios.

984. Accion de una corriente sobre sí misma. Una corriente obra sobre sí misma para producir mayor intensidad, lo que puede observarse haciéndola pasar por un alambre recto y luego por otro mucho mas largo formando un carrete; en este último caso, obrando las corrientes de cada vuelta unas sobre otras, los efectos son mucho mas sensibles, debiendo observar que lo son, no precisamente cuando empieza á pasar por el alambre la corriente, sino al momento que cesa ó se rompe el circuito, fenómeno que se atribuye á una nueva corriente que se produce instantáneamente en el alambre en la misma direccion que la primera, en el momento que cesa la de la pila, habiendo dado á esta corriente instantánea el nombre de *extra-corriente*, la que se supone de una intensidad como de $^3/_4$ de la principal. En los carretes de un electro-iman se produce esta corriente mas intensa todavía, y tambien al mismo tiempo que cesa la imantacion del hierro.

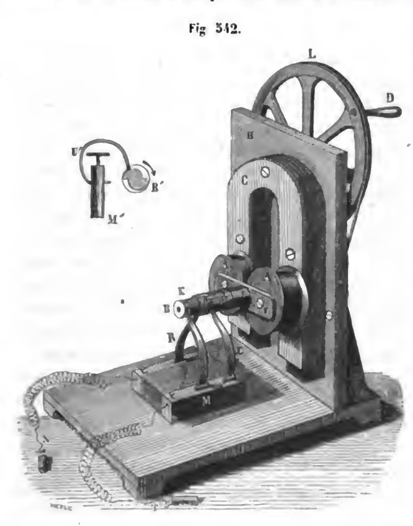
985. Corrientes de induccion producidas por otras del mismo género. Una corriente de induccion puede producir otra del mismo género, y esta, otra tercera, siguiendo asi indefinidamente, pero decrecen de una á otra; se han llamado estas corrientes de 1.°, de 2.° y demas órdenes, siendo el primero la producida por la del fluido directamente.

986. Cilindros graduadores. Si un carrete se envuelve en un cilindro metálico, la corriente producida en el alambre, cualquiera que sea su naturaleza, disminuye, atribuyéndose este efecto á corrientes de induccion producidas sobre el cilindro que sirve de cubierta: de esta propiedad se ha hecho uso en algunos aparatos, con el objeto de aumentar ó disminuir la intensidad de una corriente, colocando el carrete por donde ha de pasar, en un cilindro de metal en el que se puede introducir aquel mas ó menos, y en este caso la menor corriente será

cuando todo el carrete esté dentro del cilindro, y la mayor cuando esté todo fuera; por eso estos cilindros han tomado el nombre de *graduadores*.

987. Aparato de Clarke. Para producir facilmente los fenómenos de las corrientes de induccion, se ha construido por Clarke un ingenioso aparato que vamos á describir (*fig.* 542). Se compone de un fuerte iman *C* fijo en una tabla vertical *H;* próximo á sus polos se coloca un electro-iman *A*, que puede girar sobre un eje *B* de cobre, colocado entre los dos brazos del iman, atravesando la tabla *H*, en la que se sostiene, y terminando por esta parte en una polea que por medio de un cordon sin fin, recibe movimiento circular de la rueda *L* que se puede hacer girar con un manubrio *D;* los carretes del electro-iman *A*, tienen sus alambres muy delgados, dando sobre 1500 vueltas en cada uno, y arrollados en direccion contraria para que la corriente de induccion sea de direccion igual en los dos; estos alambres tienen unidos al eje dos de sus estremos, y los otros dos unidos á un anillo *S* de cobre que rodea al eje, pero que está sobre otro de marfil

Fig 542.



para que no se encuentre en comunicacion con el eje: el electro-iman se cierra por una plancha de hierro *F* atravesada por el eje, y tiene además una plancha de laton en la parte opuesta y contra el iman: este iman por su influencia produce una corriente de induccion en cada carrete al hacer que el hierro del electro-iman se convierta en iman, y como esta corriente será de la misma direccion en los dos carretes, resulta que en el anillo *S* vienen las dos del mismo nombre, y en donde se unen los alambres al eje vienen las dos contrarias, de modo que el eje es un polo de estas corrientes y el anillo *S* el otro: hagamos girar el electro-iman solo media vuelta, y entonces, como el carrete que estaba delante del polo Norte del iman *C* pasa delante del opuesto, y el otro carrete lo mismo, la corriente de induccion cambia en los dos de direccion, y por tanto el eje se convierte en el polo opuesto al que antes era, y lo mismo el anillo *S:* supongamos ahora otro anillo *O* formado de dos partes aisladas entre sí, comunicando una de ellas con el eje y otra con el anillo *S;* cada una de estas piezas será el polo que cambia de nombre en todas las vueltas que da el electro-iman; en esta disposicion del aparato, si ponemos en comunicacion las dos partes del anillo *O* con alambres, tendremos corrientes en estos alambres que cambiarian de signo en cada media vuelta, y no saca-

remos de ella ningun partido; es pues necesario hacer de manera que en uno y otro alambre puedan tenerse las corrientes separadas: para esto, supongamos dos piezas *E* y *R* que salen de un soporte *P* de madera, y tocan en diferente parte de las dos del anillo *O;* estas piezas, que son metálicas, van unidas á chapas de cobre en *P* de las que salen los dos alambres *T* y *N;* supongamos que *E* toca al anillo *S* en el estremo donde llega la corriente positiva; tendremos en *T* esta corriente y en *R* y *N* la opuesta; demos media vuelta al electro-iman; en este caso la parte *O* que tocaba á *E* cambia de corriente, pero no toca á *E* sino á *R*, y por tanto pasa por *E* la misma corriente que antes, y por *R* tambien. Con este aparato se producen todos los efectos de las corrientes formadas por las pilas: puestos en comunicacion los reóforos *T* y *N* con el aparato de descomposicion del agua (*fig.* 527), con el de descomposicion de sales (*fig.* 529) ó con cualquiera de los que hemos indicado al tratar de las corrientes de las pilas, se obtendrán los mismos resultados que con ellas. Para producir las corrientes instantáneas ó extra-corrientes que se forman cada vez que se rompe el circuito, se dispone el aparato de otro modo: sobre el eje *B* se pone otro anillo de marfil *K* al que van unidas dos piezas metálicas, una la *U* que toca á una parte del anillo *O*, y otra al lado opuesto que toca á la otra parte; una pieza metálica *M* que sale del soporte *P*, viene á tocar al anillo *K;* al girar el electro-iman, y por consiguiente el eje, la pieza *M* resbala sobre *K* y viene á tocar á la *U*, por ejemplo: en este caso la corriente pasa desde una parte de *O* por *U* y *M* á *E*, y de aquí á la otra parte de *O*, y el circuito está cerrado; si gira el eje un poco mas, ya no toca *M* á *U* y se abre el circuito, produciéndose la extra-corriente, que será sensible en *T* y *N;* cuando toque *M* á la otra pieza como la *U* se cierra de nuevo el circuito, y se vuelve á abrir cuando deje de tocarla; de modo que en cada vuelta del electro-iman se forman dos extra-corrientes. Puede disponerse de otro modo este efecto, haciendo en el eje dos dientes como marca *B'*, y colocando sobre *P* en lugar de *M* una pieza *M'* que lleva un alambre *U'*, el cual se dispone de modo que toque á *B'* en la parte mas saliente de los dientes; de este modo, al girar el eje, el alambre *U'* le toca cuando el diente llega al estremo de él, y deja de tocarle cuando pasa, porque no alcanza el alambre para tocar al eje, rompiéndose la corriente cuando no hay contacto, y restableciéndose cuando vuelve á haberle. Tomando los alambres *T* y *N* con las manos cuando se forman las extra-corrientes se sufren violentas conmociones que crispan los nervios, y pueden producir malos resultados si se prolonga algun tiempo el esperimento.

988. Inductor de Ruhmkorff. Ruhmkorff ha producido notables fenómenos de induccion valiéndose de un carrete de dos alambres, el uno grueso dando 300 vueltas, y el otro delgado dando 9 á 10000 vueltas, aisladas unas de otras por capas de goma laca, interrumpiendo la corriente en cortos intérvalos por diversos métodos: en este aparato, un solo par de Bunsen produce corrientes que se han aplicado á llevar chispas eléctricas donde es necesario calor, por ejemplo para inflamar la pólvora en las voladuras de minas, y para algunos otros usos, produciéndose grandes resultados y corrientes de estraordinaria intensidad. Para encender la pólvora es necesario poner en ella un conductor interrumpido para que pase la chispa, y el que se ha empleado con muy buen éxito se dispone del modo siguiente: un pedazo de alambre cubierto de guta percha volcanizada, ó lo que

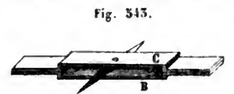
es lo mismo, con azufre, al cabo de algun tiempo se ataca y forma una capa de sulfuro de cobre que se adhiere á la guta-percha: si se descubre el alambre un poco y se corta, la corriente pasa por el sulfuro formado, le enciende, y este comunica el fuego á la pólvora que se pone en el punto de interrupcion; el alambre dispuesto del modo que hemos dicho se ha llamado *cohete de Statham*.

989. Diferencia en las corrientes de induccion. De lo que dejamos espuesto se deduce, que las corrientes de induccion producen todos los efectos de las corrientes voltáicas, y algunos con mucha intensidad; pero si bien sobre el galvanómetro, al cerrar y al romper el circuito, marca la corriente poca diferencia, no son los demás efectos lo mismo, pues al romper la corriente son mucho mas violentos, y la imantacion que producen es á saturacion, mientras que al cerrar la corriente, apenas son sensibles los efectos, y la imantacion es bastante debil.

990. Diamagnetismo. Para estudiar los efectos que produce la repulsion de los imanes sobre los cuerpos, ó el *diamagnetismo* (877), es necesario que los imanes sean de mucha fuerza, y para producirlos, se ha valido Faraday de dos fuertes carretes sobre hierro, que pueden aproximarse mas ó menos, y encontrarse los polos á la conveniente distancia cuando una corriente los hace imanes. Si se suspenden entre estos imanes barras de cuerpos magnéticos, toman la direccion de los ejes de los imanes, pero si son diamagnéticos, se colocan en direccion perpendicular á estos ejes; lo mismo sucede con tubos llenos de líquidos magnéticos ó diamagnéticos. Si se ponen sobre los estremos de los imanes, diferentes líquidos colocados en cápsulas chatas, la superficie se eleva por el centro en los líquidos magnéticos y se deprime en los diamagnéticos, siendo estas elevaciones ó depresiones una ó dos, segun la distancia de los imanes. En los gases ejercen tambien influencia, y por este medio se ha estudiado su diamagnetismo; colocando una bujía entre los dos imanes se tuerce su luz hácia abajo, por el efecto de ellos sobre los gases que produce la combustion. Ninguna de las varias teorías formadas para esplicar los fenómenos diamagnéticos, es enteramente satisfactoria. Faraday ha observado tambien del modo que dejamos indicado, efectos ópticos producidos por los imanes en algunos cuerpos trasparentes, desviando su plano de polarizacion.

991. Corrientes termo-eléctricas. Hemos visto que el calor produce electricidad en mas ó menos cantidad (938) en los diferentes cuerpos: vamos á ver que puede producir corrientes, que se han llamado *termo-eléctricas*. Supongamos (*fig*. 543) dos piezas, una de cobre *C* y otra de bismuto *B*, soldadas por sus estremos, y entre las cuales se coloca una aguja imantada; si se calienta ligeramente una de las soldaduras, se ve á la aguja desviarse indicando una corriente eléctrica cuya direccion es desde la soldadura fria á la caliente, produciéndose el mismo efecto si una de las soldaduras se enfria; de modo que la corriente se produce por la diferencia de temperatura en las dos soldaduras, habiéndose observado que estas corrientes son tanto mas intensas, cuanto mayor es la diferencia de las temperaturas. Puede producirse tambien la corriente soldando alternadas varias piezas de los dos metales, y calentando las soldaduras primera,

Fig. 543.



tercera y demás en este orden, ó al contrario. En un circuito enteramente homogéneo no se producen estas corrientes, sin duda porque calentando un punto, el calor se propaga igualmente hácia los dos lados; pero si se interrumpe la homogeneidad, aunque solo sea por la forma, la corriente se produce; por ejemplo, si un alambre de cobre se arrolla ó anuda en un punto y se calienta cerca de él, poniendo sus estremos unidos á los alambres del galvanómetro (980), indicará corriente. No pueden atribuirse mas que al calor las corrientes producidas en estos casos, pues si supusiéramos que es el contacto la causa de ellas, el galvanómetro las indicaría sin calentar las soldaduras, y no es así; tampoco se pueden atribuir á reacciones quimicas, pues Becquerel ha visto que en el vacío y en el hidrógeno, es decir, en un medio que no pueda combinarse por el calor con los metales, se producen lo mismo; luego solo es la accion del calor la que produce estas corrientes. Todos los metales no producen la misma corriente para la misma diferencia de temperatura, es decir, que su potencia *termo-eléctrica* no es igual; además, la direccion de la corriente producida por un metal varia segun el otro metal á que está unido; por las observaciones hechas pueden clasificarse los metales con respecto á su potencia termo-eléctrica del modo siguiente, siendo cada uno positivo con el que le antecede y negativo con el que le sigue, y de mas potencia que el anterior: bismuto, platino, plata, estaño, plomo, cobre, oro, zinc, hierro, antimonio. Las corrientes termo-eléctricas no atraviesan los líquidos, ó lo hacen muy debilmente, pero esto se atribuye á la pequeña intensidad de ellas, que segun ha observado Pouillet, en un par formado de bismuto y antimonio, para 100 grados de diferencia en las temperaturas de las dos soldaduras, resulta 100000 veces menor que la de una pila de artesa de 12 pares y de las dimesiones comunes: por esta causa no producen los efectos químicos de las corrientes hidro-eléctricas, debiendo tambien tenerse presente esta circunstancia, para poner en los galvanómetros que han de servir para indicarlas, el alambre corto y grueso que no debilite la corriente, al contrario de los empleados para las hidro-eléctricas, que deben tener el alambre largo y delgado.

992. Teoría de Becquerel. Becquerel atribuye las corrientes termo-eléctricas á que la diferencia de temperatura de unas moléculas á otras hace que las mas calientes se electricen positivamente, tomando este fluido á las mas frias y dándolas el negativo; de esto resulta que si la corriente que viene al punto calentado y la que parte de él son de igual intensidad, hay equilibrio, y por tanto el galvanómetro no las indica; pero si el circuito no es homogéneo y el calor no se propaga igualmente en todo él, una de las corrientes resulta mayor que la otra, el equilibrio no se produce, y la intensidad de la corriente es la diferencia de las dos formadas, siendo evidente que el polo positivo estará en el cuerpo que descomponga mas facilmente la electricidad por el calor, es decir, en el que tenga mas potencia termo-eléctrica: esta teoría esplica los fenómenos termo-eléctricos de una manera bastante satisfactoria.

993. Pila termo-eléctrica. Nobili ha construido un aparato al que se ha dado el nombre de *pila termo-eléctrica*, de una gran sensibilidad; se compone de barritas alternadas de bismuto y antimonio, unidas por sus estremos un poco encorvados, como indica la *figura* 544; la última barra se encorva lateralmente para unirse á otra, y formar un segundo sistema de barras al lado del pri-

mero y despues otros hasta tener en todo 25 ó 30 pares, que se colocan en una cajita (*fig.* 515), que es metálica, aislando unos de otros por medio de papeles barnizados, y dejando las soldaduras de los dos lados á descubierto; las dimensiones de una de estas pilas de 30 pares, son: largo, 2 centímetros; ancho, 15 milímetros, y alto 10 milímetros: de la primera y última barra, que serán bismuto y antimonio, salen dos conductores aislados del resto del aparato, á los cuales se unen los alambres *B* y *A* que representan los polos de la pila, el bismuto el negativo y el antimonio el positivo; suelen cubrirse las soldaduras de negro de humo para que absorban todo el calor que reciben y no pierdan por reflexion.

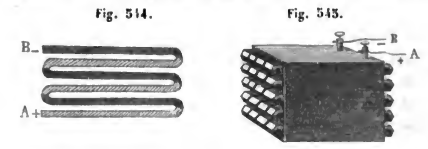


Fig. 514. Fig. 515.

994. Termo-multiplicador. Al tratar en el calor de la trasmision de este al través de los cuerpos (387), describimos el aparato de que se valió Meloni para sus descubrimientos (*fig.* 217), pero no pudimos dar á conocer el aparato destinado á medir la cantidad de calor que dejaban pasar los cuerpos; estamos en el caso de presentar este aparato. Despues que los rayos caloríficos han atravesado el cuerpo *F*, se recojen en el estremo de una pila termo-eléctrica *G*, igual á la que acabamos de describir (993), y cuyos dos alambres *H* y *N* van á parar á un galvanómetro (*fig.* 538), de alambre corto y grueso (991); unida la sensibilidad de este á la de la pila, resultan indicaciones de muy pequeñas temperaturas, ó diferencias de ellas en cada estremo de la pila: para hacer uso del aparato en el caso presente es necesario graduarle, viendo cuánto se desvia la aguja del galvanómetro para una diferencia dada de temperatura entre los dos estremos de la pila termo-eléctrica; y así graduado, conociendo la temperatura de la soldadura fria, que será naturalmente la de la atmósfera, y la desviacion de la aguja, se conoce la temperatura que produce la corriente: valiéndose Melloni de este aparato, al que ha dado el nombre de *termo-multiplicador*, ha podido hacer con una grande exactitud los esperimentos que dejamos citados en el calor. Este aparato, segun vemos, es un termómetro sumamente sensible (354).

995. Electricidad animal. Varios físicos han tratado de averiguar si en las funciones de la vida animal hay produccion de electricidad, y si en algunos animales existe este fluido producido en mayor cantidad ó de una manera mas marcada; resultado de estas investigaciones ha sido el descubrimiento del fluido eléctrico en algunos animales: en la rana, despues de ingeniosos esperimentos, se ha encontrado una corriente que se ha llamado propia de la rana, entre los nervios y los músculos, y otra en los músculos solamente, que se produce del interior á la superficie, corriente que, segun Matteucci, existe en todos los animales, pero no la primera de los nervios á los músculos. En el hombre, segun Bois-Reymond, se encuentra la corriente muscular, que puede observarse poniendo en contacto con los alambres del galvanómetro dos puntos simétricos del cuerpo. Tambien se han estudiado los peces llamados eléctricos, cuya defensa es una descarga eléctrica que pueden producir á voluntad; estos peces son la *torpilla*, el *siluro* y la *gimnota*, que observados detenidamente no han dejado duda de que es la

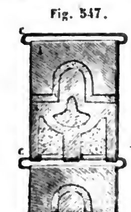
electricidad la causa de los fenómenos que estos animales presentan, pues han hecho sentir conmociones en un todo iguales á las de una botella, han desviado la aguja del galvanómetro y producido imantaciones de barras de acero, y por fin, han originado todos los fenómenos que resultan de las corrientes de una pila: el órgano en que se forma el fluido de estos animales, se encuentra situado encima de la cabeza; es doble, formado á semejanza de un panal de abejas; suponiéndose que el manantial del fluido está en el 4.° lóbulo de los sesos.

996. Electricidad en medicina. Se ha ensayado muchas veces la accion de la electricidad en la curacion de varias enfermedades, como parálisis, artritis reumática y gotosa y otras, habiendo producido alivio, al menos momentáneo: hombres eminentes son y han sido partidarios de la electricidad aplicada á la medicina, pero todavia no puede fijarse de una manera positiva si esta aplicacion es ó no ventajosa, pues los resultados son hasta el dia poco concluyentes, y aun muchos, no muy satisfactorios; de todas maneras, para aplicar la electricidad como medio de curacion, se necesitan conocimientos especiales y sobre todo mucha prudencia. La electricidad se ha aplicado por chispas, por la influencia de puntas, ó por corrientes; pero en el dia se cree mas ventajoso este último medio de las corrientes, y aun prefiriendo en estas las de induccion de primero ó segundo orden, interrumpidas. Segun Duchenne, las corrientes de induccion de primer orden producen contracciones musculares y afectan muy poco la sensibilidad cutánea, al paso que las del segundo. irritan la piel de modo que pueden ser muy perjudiciales en ciertos individuos: el mismo ha observado que la retina se impresiona fuertemente con la corriente de la pila, y muy poco con las de induccion: por lo que solo deben aplicarse estas á los músculos faciales, siendo además preferibles porque su pequeña accion química es causa de que no produzcan desorganizacion. Matteucci aconseja además empezar por corrientes interrumpidas muy débiles, y despues de haber hecho esperimentar al paciente 20 ó 30 conmociones, dejarle descansar; citando en apoyo de esto, ejemplos de la funesta influencia de una accion continuada y producida por corrientes algo mas intensas. Varios son los aparatos empleados para aplicar la electricidad en medicina; Duchenne ha hecho uno para producir corrientes de induccion de primer orden mas ó menos intensas, y otro para producirlas de primero y segundo orden, tambien de diferente intensidad, pero con aparatos bastante complicados; otros se han hecho muy sencillos, que pueden contenerse en pequeñas cajas que el médico lleva en el bolsillo, pero omitimos la descripcion de estos aparatos porque nos parece el asunto de bastante importancia, y objeto por lo tanto de tratados especiales: daremos sin embargo á conocer las cadenas eléctricas, por el uso tan frecuente que ha empezado á hacerse de ellas. Pulvermacher ha construido una cadena para producir corrientes locales sobre el cuerpo, que se compone de varios eslabones, de los cuales son dos la *figura* 546, formados de un cilindro de madera sobre el que se arrolla un alambre de zinc y otro de cobre, pero sin que se toquen; á cada lado del cilindro hay dos ganchos, uno comunicando con el cobre y otro con el zinc, siendo estos los que unen los eslabones, de modo que el cobre del uno

Fig. 346.

está enganchado con el zinc del siguiente; estas cadenas se meten en vinagre por un corto rato, y despues se aplican estendidas sobre la parte enferma, enganchándolas en una cinta que se rodea al cuerpo de la manera mas conveniente; el vinagre que retiene la madera y la transpiracion, hacen que la corriente se produzca; para que esta se interrumpa y recibir las conmociones al abrir y cerrar el circuito, se pone un pequeño cilindro de vidrio *A* terminado por dos piezas metálicas que llevan los ganchos que han de unirse á los eslabones; en el interior de este tubo hay un pequeño resorte formado por un alambre que se dobla en espiral, el cual está sujeto á uno de los estremos y termina cerca del otro en una estrellita metálica que toca al metal en *B;* cualquier pequeño movimiento hace encoger ó alargar el resorte, y la estrella toca á la pieza metálica; si toca, pasa la corriente, y si no, está interrumpida; de modo que con los movimientos naturales de la persona se produce el efecto contínuamente. Cuando la cadena es solo para producir conmociones y no se ha de llevar puesta, se suele emplear, para abrir y cerrar el circuito, otro aparato, que consiste en dos pequeñas cajas de metal con sus mangos para tomarlas con las manos; una de ellas tiene en su interior una pieza metálica que se mueve por medio de sencillas máquinas, y en cada oscilacion rompe y cierra el paso de la corriente. Winter ha preparado de otra manera las cadenas (*fig.* 547): encima de placas de cuero, coloca por los dos lados, láminas de zinc *A* y de cobre *B;* esto forma eslabones que se unen al siguiente por medio de alambres de cobre *C;* la figura representa uno de estos eslabones de mayor tamaño que el natural: la cadena asi formada se moja en vinagre y produce el mismo efecto que la anterior. Se han hecho tambien de eslabones sencillos alternados de cobre y zinc, pero se concibe que aun mojadas en vinagre producirán un efecto muy débil.

Fig. 547.



CAPITULO VIII.

ELECTRICIDAD EN LA ATMÓSFERA.

997. Electricidad en la atmósfera. Observando atentamente el rayo y relámpago, no puede menos de reconocerse la analogía de este fenómeno con la electricidad; es luminoso, forma una brillante chispa y ruido, destruye y quema, quita la vida á los animales, en una palabra, produce en grande escala los efectos que se pueden producir en pequeño con nuestras máquinas; sin embargo, hasta mediados del siglo pasado no se demostró la identidad del rayo con el fluido eléctrico: Franklin fué el primero que trató de demostrarla. Dalibard, mas tarde, colocó sobre una cabaña verticalmente una barra de hierro terminada en punta por la parte superior, y aislada: habiendo pasado una nube tempestuosa por encima de la barra, pudo sacar chispas por la parte inferior de esta con las que cargó botellas de Leiden, y observó la identidad de esta electricidad con la producida por las máquinas. Al mismo tiempo Franklin hacia otro esperimento, que consistia en lanzar una cometa armada de puntas metálicas á una nube tempes-

tuosa; el estremo del cordon, que era de seda, no dió chispas hasta que mojado por la lluvia se hizo buen conductor, y las produjo; en los dos casos es evidente que las puntas metálicas dejaban marchar la electricidad de nombre contrario á la de la nube, y el estremo opuesto daba la del mismo nombre; Romás y otros físicos han repetido los mismos esperimentos, y los han variado colocando en la parte inferior de los conductores terminados en puntas, el campanario eléctrico (920) y electrómetros (915), resultando siempre que existe en la atmósfera el fluido eléctrico exactamente como le conocemos, el cual es la causa de varios fenómenos que se producen con frecuencia; pero advertiremos que se necesitan precauciones para repetir los esperimentos que hemos citado, pues las chispas sacadas en los conductores son sumamente fuertes y pueden causar funestos efectos, como han causado á Richmann, que perdió la vida por una descarga eléctrica al ocuparse de esta cuestion: debe hacerse uso de escitadores bien acondicionados (927) para no esperimentar las conmociones, y aun poner un cuerpo metálico en comunicacion con la tierra, y mas próximo al conductor de la electricidad que la persona que hace el esperimento, para que la descarga, si se hace, sea por este conductor; teniendo tambien presente que Romás ha sacado chispas á la distancia de 10 pies del conductor.

998. Relámpago. Las nubes, como masa de líquidos suspendidos en la atmósfera, son depósitos de electricidad, unas veces positiva y otras negativa: si una nube tiene fluido positivo, por ejemplo, y llega á colocarse inmediata á otra que contenga fluido contrario, las dos electricidades acumuladas en cantidad grande, se recomponen á distancia, y la chispa eléctrica se produce á veces entre dos nubes que se encuentran muy lejos la una de la otra; el mismo efecto se producirá cuando una nube electrizada pase cerca de otra, á la que electrizará por influencia, produciéndose la descarga en cuanto la tension pueda vencer la resistencia del aire interpuesto: en los dos casos la chispa es brillante, y será blanca si están bajas las nubes, pues el aire que atraviesa es mas denso (931), ó mas violada si están altas, por ser poca la densidad del aire: esta chispa se conoce con el nombre de *relámpago*, que por su mucha velocidad produce en nuestra vista el efecto de una línea luminosa (768). Se observa que la direccion del relámpago no es una línea recta, sino que se aparta de ella lateralmente, volviendo á la misma direccion que antes traia despues de seguir el camino lateral; este fenómeno se esplica suponiendo que la chispa comprime el aire que encuentra en el camino, llegando este á oponer una resistencia bastante grande para torcer la direccion del fluido, que marcha lateralmente porque encuentra un medio que le presenta menor resistencia; pero pronto llega á un aire no comprimido, y la atraccion de la electricidad contraria le hace que vuelva al camino que seguia al principio. A veces se produce la descarga en nubes que parecen unidas, por su posicion con respecto al punto desde donde se observan, y la chispa no es visible, pero su luz, al iluminar la nube mas visible, forma una estensa ráfaga luminosa: tambien puede hacerse la descarga entre pequeñas nubes que percibimos como una sola, pasando la electricidad de unas á otras, ya por ser mejores conductores, ó ya por encontrar electricidad contraria; en este caso suele seguir un camino tortuoso, y á veces líneas curvas.

999. Rayo. Si una nube electrizada pasa bastante próxima á la tierra des-

compondrá el fluido natural de esta, atrayendo el de nombre contrario, que se acumulará en los puntos mas inmediatos á la nube, siendo estos puntos generalmente la parte superior de los edificios, particularmente las torres, ó en el campo las copas de los árboles, y entre ellos los mas altos: cuando el fluido llegue á tener la tension suficiente para vencer la resistencia del aire, se hará la descarga de la nube á la tierra, y en tal caso toma el nombre de *rayo:* estas descargas se harán naturalmente á los puntos donde la electricidad contraria está mas cerca y en mayor cantidad, que serán los mas altos, como torres, árboles y casas en sitios elevados; las torres, que en general son los edificios de mayor altura en las poblaciones, y que además tienen en su parte superior gran cantidad de metales en campanas y veletas, que por su buena conductibilidad acumularán mucho fluido, son los puntos mas castigados naturalmente por este meteoro; y debemos advertir que la costumbre establecida en algunos pueblos de tocar las campanas cuando una tempestad se acerca, es muy perjudicial, pudiéndose citar en prueba de ello la observacion hecha por Deslandes y comunicada á la Academia de ciencias de París, de la que resulta, que en una noche tempestuosa, cayó el rayo en Bretaña sobre 24 torres en que estaban tocando las campanas, y no cayó uno tan solo en todas las demás en que no tocaban: de este hecho no se ha dado esplicacion satisfactoria. Resulta de lo que dejamos dicho, que en caso de tempestad, es muy espuesto guarecerse en sitios elevados y debajo de los árboles, sobre todo si no son resinosos. Pero tambien en las llanuras cae el rayo cuando en ellas no hay puntos salientes, y lo prueba el haberse encontrado en los estensos arenales del Africa unos tubos dentro del suelo, que á veces tienen 10 y 12 varas de longitud, formados de la arena fundida por una descarga eléctrica; á estos tubos se les ha llamado *fulguritas, tubos del rayo* y *tubos fulminarios;* y como prueba de que se forman por descargas eléctricas, se ha hecho pasar la chispa de una fuerte batería al través de una masa de vidrio molido, y se han producido pequeños tubos fulminarios. Los efectos del rayo son bien conocidos, y además son los mismos que hemos visto resultan con la chispa eléctrica de nuestras máquinas, pero considerablemente aumentados: mientras encuentra cuerpos buenos conductores, los sigue, sin producir ningun efecto funesto; pero al atravesar por los malos conductores los hiende y quema si son combustibles, y pasa de unos á otros buscando el mejor conductor, por lo que suelen llamarse *centellas* algunos rayos que siguen caminos enteramente sinuosos, no por la naturaleza de la chispa, sino por la conductibilidad de los cuerpos por donde pasa. El rayo al caer suele dejar un olor como de azufre, que se cree producido por un cuerpo oxigenado que se forma al hacerse la descarga, segun la opinion de varios físicos, y tambien segun otros por el oxígeno mismo electrizado, que forma lo que estos suponen ser el fluido que se ha encontrado en la atmósfera, al que han dado el nombre de *ozona* (964).

1000. Choque en retroceso. Una descarga eléctrica, causa á veces efectos funestos en puntos distantes del sitio donde se ha producido. Supongamos (*fig.* 548) una nube *A* con electricidad positiva; esta descompondrá la electricidad natural de la tierra, atrayendo la negativa á los puntos *B* y *C* mas próximos, electrizando tambien las personas ó animales colocados en estos puntos: si la descarga se hace en *B*, cesa la influencia repentinamente, y la electricidad acumulada en *C* se marcha de pronto, pudiendo este movimiento instantáneo

del fluido producir la muerte de la persona ó animal electrizado que se encontraba en *C*; este fenómeno se conoce con el nombre de ***choque en retroceso***.

Fig. 548.



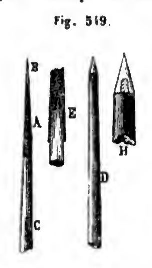
1001. Trueno. La chispa eléctrica hace ruido (907), y por tanto el relámpago y rayo le hacen tambien, llamando *trueno* á este ruido. El trueno se percibe despues del relámpago, á veces con un largo intérvalo, porque la luz llega á nosotros en un tiempo despreciable para la distancia á que el rayo se forma, y el sonido tarda en recorrer este espacio mas tiempo (312), puesto que su velocidad es mucho menor que la de la luz (715): puede apreciarse la altura á que se produce la chispa, teniendo en cuenta que el sonido tarda en llegar á nosotros, tantos segundos como veces 1209 $^1/_2$ pies estén contenidos en la distancia que media desde ellas hasta el suelo. La chispa eléctrica cuando se forma hace un solo ruido instantáneo, y el trueno es un ruido largo, mas prolongado cuando la nube está mas alta; muchas teorías se han inventado para esplicar este hecho: unos suponen ecos originados por la reflexion del sonido en las desigualdades de la tierra, y parece comprobar esta hipótesis el que en paises montuosos los truenos son en general mas largos; otros suponen esta reflexion sobre las nubes mismas; tambien lo esplican por la diferente densidad de las capas de aire que forman la atmósfera; y en fin, otros dicen que el relámpago es una série de chispas y no una sola, y que el camino sinuoso que sigue la chispa, es causa de la desigualdad de intensidad y propagacion del sonido; pero no se puede asegurar que sea cierta ninguna de estas teorías. Hay relámpagos que no producen truenos, y se observan generalmente en las noches de calor, por lo que suelen llamarse vulgarmente ***relámpagos de calor***, nombre que no está de acuerdo con los principios de la ciencia: este fenómeno tampoco se ha esplicado, pues las varias teorías formadas no son satisfactorias; sin embargo, la mas admitida es suponer que son descargas eléctricas á mucha distancia debajo de nuestro horizonte, y que por esto se ve la luz, pero no llega á nosotros el ruido del trueno.

1002. Para-rayo. Hemos visto que la electricidad se acumula naturalmente en la parte mas alta de los edificios, cuando una nube cargada de cualquiera de los dos fluidos pasa por encima; segun esto, si se coloca en la parte superior del edificio una barra metálica terminada en punta, el fluido saldrá por ella á neutralizar el de la nube, y podrá en algunos casos evitar la descarga; pero suponiendo que no salga por la punta bastante fluido para neutralizar todo el que contiene la nube, si se hace la descarga, el rayo, buscando electricidad contra-

ria, seguirá el raudal del fluido que sale de la punta, y llegando á esta seguirá la barra como buen conductor; de modo que si esta barra se encuentra en comunicacion con el suelo por otro buen conductor no interrumpido, la electricidad, siguiéndole, llegará á la tierra, donde se perderá sin causar daño: esta barra y conductor es lo que se llama un *para-rayo*, y por lo dicho vemos que si está dispuesto convenientemente, puede preservar el edificio muchas veces de las descargas, y siempre de sus funestos efectos. Se ha dicho por algunos que el para-rayo atrae las nubes electrizadas y provoca las descargas; ya queda dicho que en muchos casos las evita, por neutralizar la electricidad que debe producirlas; pero aun cuando fuera cierto que el para-rayo atrae el fluido eléctrico, nada importaria, puesto que el edificio está resguardado de su accion destructora. Dejemos, pues, consignado que fué Franklin el inventor de este utilísimo aparato en 1755, y veamos la construccion y condiciones de un para-rayo, que consideraremos dividido en dos partes, *varilla* y *conductor*.

1003. Varilla del para-rayo. El hierro es el metal que se escoje para formar la varilla ó barra, por mas barato, y por resistir al calor de una descarga eléctrica sin fundirse; pero si la punta fuera de este metal, espuesta como se halla á las influencias atmosféricas, se oxidaría muy pronto, quedando la barra al poco tiempo redondeada por la parte superior; esto tiene el inconveniente de que no podrá nunca neutralizar la accion de la nube por no dejar paso al fluido contrario, pero no por eso dejará el edificio de estar preservado, pues si la descarga se produce, naturalmente vendrá al punto mas alto donde hay electricidad contraria acumulada, y este será el estremo de la barra, la cual tambien obrará como buen conductor. La esperiencia ha confirmado lo que dejamos dicho, pues en particular en los Estados-Unidos, donde hay muchos para-rayos establecidos á causa de la frecuencia con que se forman las tempestades, cuando por una descarga se funde la punta y queda redondeada, no se cuidan de reponerla, y nunca se verifica que el rayo caiga fuera de la barra. Sin embargo de esto, para evitar en lo posible la descarga se hacen las puntas de un metal que no se oxide al aire, como el platino, que es el preferido, pues aunque hay otros no oxidables al aire, este es además el menos fusible con una descarga eléctrica. Hasta hace muy poco tiempo se han dispuesto las varillas del modo que vamos á esplicar: la punta de platino se ha hecho corta, por ser metal caro; generalmente de 2 á 3 centimetros; y para que al unirse á la barra de hierro no resultara esta muy delgada y la oxidacion cortara el hierro en su union con el platino, se juntaban estos dos metales con un trozo de cobre, que es mucho menos alterable que el hierro, y haciendo este trozo cónico de 2 á 3 decimetros de longitud, tiene suficiente diámetro en el estremo opuesto al que lleva la punta para poderse unir al hierro en un grueso suficiente; la *figura* 549, representa en *BC* este para-rayo; *A* es el trozo de cobre, *B* la punta de platino, y *C* el principio de la barra de hierro; la punta se fija á tornillo, y soldada, y el cobre al hierro se une tambien á tornillo despues de introducirse la barra en una caja hueca de cobre, como se representa en *E* en mayor escala; esta barra puede ser de forma circular ó

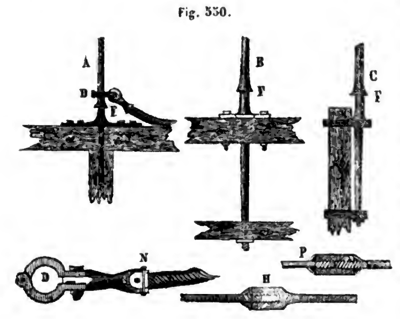
Fig. 549.



cuadrada, determinando su grueso, segun la altura, entre 40 á 50 milimetros de diámetro en la varilla redonda, cuando tiene 7 á 9 metros de alta, y 52 milímetros de diámetro si llega á 10 metros; es decir, 1 pulgada 9 líneas á 2 pulgadas 2 líneas para varillas de 25 á 32 piés de altura, y 2 pulgadas 3 líneas si tiene 39 piés. En el dia deben construirse las varillas con alguna diferencia; consultada la Academia de ciencias de París con motivo de la contruccion del edificio para la esposicion universal de 1855, ha modificado en esta parte la instruccion que en 1823 habia dado la misma Academia sobre la disposicion de los para-rayos. Cuando una masa de fluido se acerca lentamente al para-rayo, la punta aguda que hemos dicho no puede bastar para dejar paso á la cantidad de electricidad contraria que es necesario para neutralizar la de la nube, preservando de la descarga, no solo al edificio que lleva el aparato, sino á los que estén situados en el camino de la nube á continuacion del para-rayos; pero es evidente que si se hace la varilla mas gruesa en su estremo, la electricidad que por la punta podrá salir, será en mayor cantidad, porque hay mas superficie cerca de ella donde el fluido se puede acumular; y aunque la punta no sea de un ángulo tan agudo, siempre será bastante la tension eléctrica para que el fluido salga por ella, pues si en algun caso no lo fuera, consistiria en que la electricidad contraria estaba lejos, ó no en bastante cantidad, y entonces nada habria que temer: además, si la electricidad acumulada sobre el para-rayo es en gran cantidad y la descarga se efectua, una punta delgada no puede resistir y se funde, se dobla ó se rompe, y el para-rayo, aunque no pierde su accion protectora, pierde la preventiva, y por consiguiente no llena todas las condiciones que debe tener: por estas razones la Academia ha propuesto que la varilla siga gruesa hasta su estremo superior, en donde tendrá lo menos 3 centímetros cuadrados de seccion ó 2 centímetros de diámetro (10 líneas); en este estremo se hará, á la lima, y en su eje, un cilindro de 1 centimetro de diámetro (5 líneas) y una altura tambien de 1 centímetro, al que se hará rosca, y en ella entrará un cono de platino que tendrá los mismos 2 centímetros de diámetro en su base, y 4 centímetros ó 1 pulgada y 8 líneas de altura, resultando un ángulo en el vértice ó punta del cono, de 28 á 30°: este cono además, debe soldarse al hierro con soldadura fuerte. La *figura* 549 representa en *D* la varilla, y en *H* la punta en mayor escala. El precio de las varillas preparadas, es en los fabricantes de París de 20 á 25 francos las antiguas, y 140 á 180 las últimas. Si las puntas no pueden hacerse de platino, se deben formar de cobre dorado, de plata de moneda, ó en último caso de cobre rojo. Las dimensiones en grueso de la parte inferior y altura que antes hemos dado, no han sido variadas para las nuevas varillas. La longitud se determina por la estension que ha de preservar, teniendo en cuenta que, segun resulta de la esperiencia, un para-rayo preserva una estension circular cuyo radio es doble que la altura de la varilla de aquel; de modo que si un edificio tiene 40 metros de largo y 20 de ancho, está preservado con dos barras de 5 metros de altura: se esceptua el caso en que el para-rayo esté establecido en un punto del edificio muy elevado, por ejemplo si está en la punta de una torre; en este caso, suponiendo que tiene 30 metros de elevacion desde los tejados de la Iglesia hasta la punta, el circulo de proteccion, que segun la regla anterior deberia tener por radio el doble de la altura ó 60 metros, debe reducirse á solo la altura, ó sean 30 me-

tros: otra escepcion es cuando los edificios tienen muchos metales, sobre todo en la parte superior; en tal caso será prudente disminuir un poco el radio del círculo protejido, y tanto mas cuanto mayor sea la cantidad de estos metales. En la parte inferior, á una distancia de 3 á 4 pulgadas del punto á que está fijo, debe tener la barra una gola saliente *F* (*fig.* 550), con el objeto de que las aguas que resbalan á lo largo de toda la barra no se filtren por donde esta se encuentra unida al edificio, y penetren en él; debe además construirse de una sola pieza, ó si es de varias, han de estar perfectamente unidas. Para fijar la barra en la parte alta del edificio se aprovechan las circunstancias de este; y para dar una idea de los medios que pueden emplearse, representamos en la *figura* 550 algunos de ellos: en *A* son orejas de hierro que salen de la misma barra, y se unen á las maderas con tornillos; método que puede adoptarse tambien cuando se han de colocar sobre una bóveda de piedra, en cuyo caso estas orejas entran en cajas hechas en la piedra, y se fijan con plomo fundido: en *B* atraviesa un madero para terminar en otro donde se sujeta con una tuerca, y en *C* está sostenido por dos piezas de hierro sujetas á un madero. Estos y otros muchos medios pueden emplearse para fijar las barras.

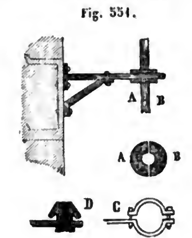
Fig. 550.



1004. Conductores del para-rayo. Los conductores se hacen de cuerda de alambre ó de barras de hierro unidas, pero nunca de cadenas, pues los eslabones no tienen bastante contacto. Si son cuerdas de alambre tienen la ventaja de no estar interrumpidos en toda su estension haciéndolos de una sola pieza, pero los alambres interiores suelen no conducir la electricidad, que marcha por el esterior, y en este caso pueden fundirse ó romperse los de fuera; por esto es necesario, para que formen un todo unido, soldarlos unos con otros al principio del cable, de modo que resulte un cilindro macizo del que salgan los alambres, y así se repartirá el fluido en todos ellos; deben hacerse de hierro ó cobre y no de otros metales, compuestos de cuatro cuerdas torcidas juntas, formando una seccion de 3 centímetros cuadrados ó 2 de diámetro (10 líneas), pudiendo disminuirse algo si es de cobre, por ser, aunque mas fusible, mejor conductor; estos cables se unen al pie del para-rayo por medio de una argolla *D* (*figura* 550) que entra en la barra, y sujeta con una pieza fija el estremo del cable, ya por medio de tornillos *N* cruzados, ó tambien con dos orejas que le sujeta lo mismo, con tornillos. Si el conductor es de barras de hierro, debe tener las menos uniones que sea posible, y en estas, soldados los estremos y sujetas las soldaduras con tuercas; un buen medio será el que se presenta en *H*: un estremo de la barra termina en tuerca, y el otro estremo, que se ha de unir á este

de la otra barra, en tornillo; despues se cubre la union con soldadura de plomo para impedir la oxidacion de la tuerca con el tiempo, y que el contacto no sea íntimo. En *P* se presenta otra union tambien fácil y muy buena, que es como se ha esplicado en la *figura* 149. La seccion de las barras debe ser 2 $^1/_2$ centímetros cuadrados, ó 15 milímetros de lado para las cuadradas, que son 7 $^1/_2$ líneas, y el diámetro de las redondas 17 milímetros, que son 8 $^1/_2$ líneas: para sujetarlas al estremo de la varilla se emplean medios semejantes á los que hemos dicho para los cables de alambre. Los conductores deben seguir el contorno del edificio, y sujetarse encima de los tejados y en las paredes por argollas de hierro, que estén fijas en el estremo de unas palomillas ó barras introducidas en las paredes ó sostenidas en las armaduras: si el edificio tiene metales, como cubiertas de tejado, campanas, canalones ó tubos de chimenea, deben ponerse todos en comunicacion con el conductor, para evitar una descarga desde este á las partes metálicas, que no estando en comunicacion con la tierra producirán el rayo: si los metales son en mucha cantidad pueden ponerse los apoyos del conductor bastante separados de ellos, y hacer estos apoyos aisladores, formándolos de argollas de porcelana ó arcilla, sostenidas por otras de hierro y palomillas; el conductor que pase por estos aisladores no comunicará con el edificio: es conveniente emplear tambien este medio siempre, pues una descarga puede hacer saltar la piedra al estremo de la palomilla: se hacen las argollas de porcelana de dos piezas *A* y *B* (*figura* 551), y se sujetan á la palomilla como se indica en *C;* dando al aislador la forma que representa *D*, el agua no pondrá en comunicacion al hierro con el conductor mojando el aislador: suele hacerse por economía un solo conductor para lo menos dos varillas, y si no son muchas en un edificio, será suficiente uno en comunicacion con todas: deben estar embreados ó pintados para preservarlos de la oxidacion. Llegado el conductor á la tierra se introduce en ella 2 ó 3 pies, y despues se dobla en direccion perpendicular al edificio hasta que llegue al pozo donde ha de entrar; para que no se oxide en la tierra se embreará bien, y pondrá en un canal cubierto de cisco de carbon muy calcinado, que servirá tambien de conductor y dará paso al fluido (900). El estremo del conductor, dividido en varios ramales ó puntas, ha de sumergirse en un pozo, no porque la electricidad se *apague* como el fuego en el agua, que es la opinion vulgar, sino porque siendo esta un buen conductor, esparce el fluido, que por muchos puntos pasa á la tierra; por esta razon es malo un pozo ó cisterna que tenga sus paredes todas de piedra ó de otros cuerpos malos conductores: si no hay pozo, puede prolongarse el canal por donde pasa el conductor entre carbon, y por fin hacerle introducir en un taladro profundo, en donde tambien se le cubre de carbon, practicando este taladro en el sitio mas húmedo posible, que si llega á una capa de agua subterránea producirá un escelente efecto: en una palabra, es necesario tener presente que la comunicacion con el depósito comun debe estar bien establecida, porque de lo contrario el para-rayo no producirá, como es facil preveer, por completo su buen efecto. Advertimos que todas las noticias y dimen-

Fig. 551.



siones que hemos dado de los para-rayos, están arregladas á la instruccion de la Academia de ciencias de París que antes hemos citado.

1005. Para-rayos en los navíos. Se colocan en los grandes mástiles varillas como queda dicho (1003), pero bastan de 1 $^1/_2$ á 2 pies de largas; el conductor debe ser de cobre, formando una cuerda de alambre que tenga 1 centímetro cuadrado de seccion metálica, y pueden prepararse con alambres cuyo diámetro sea 1 milímetro ($^1/_2$ línea) ó algo mas, haciendo tres cuerdas que se retuercen despues juntas; este conductor debe estar en comunicacion con el forro de cobre del navío, y si no le tiene, con el agua, por medio de un pedazo de cable ramificado y que se sumerja 3 ó 4 pies en ella. Las cadenas son muy malos conductores, y la costumbre de echar el conductor al agua cuando hay tempestad, es tambien mala: siempre debe tenerse en comunicacion con el agua. En la esposicion universal de Lóndres en 1851, Snow Harris fué premiado por su sistema de para-rayos en los navíos, que la marina británica ha adoptado; consiste este sistema en hacer que los mástiles y el casco lleven consigo una serie de conductores formados con planchas de cobre, y dispuestos de modo que en cualquier parte que se haga la descarga encuentre directa comunicacion con el agua; de este modo se preserva el buque y no embaraza nada para las maniobras, como puede hacerlo el sistema ordinario.

1006. Para-rayos inclinados. En algunos edificios, entre ellos la Bolsa de París, se han puesto en los ángulos, para-rayos inclinados hácia la parte esterior, con el objeto de neutralizar las nubes electrizadas aunque se encuentren á distancia del edificio; por varias razones fáciles de comprender, segun lo que llevamos dicho, nos parece esta precaucion poco necesaria.

1007. Algunas consideraciones. Hay varias circunstancias en que los para-rayos son absolutamente necesarios, como en los depósitos ó fábricas de pólvora ó de fulminatos, en los almacenes de materias muy inflamables, en las casas de fieras y en algunos otros puntos; y es de estrañar cómo no se encuentran mas generalizados, siendo tan útiles, tan fáciles de construir y de poco coste. Las torres podrian estar preservadas fácilmente, haciendo que los estremos de las veletas ó cruces terminasen en punta, y estableciendo un conductor no interrumpido desde estas veletas al suelo, comunicando con las campanas. Los edificios construidos en alturas necesitan ser preservados, pues de lo contrario sufren descargas con frecuencia. En las construcciones modernas entra mucho metal generalmente, y esto hace que las descargas sean mas de temer, por cuya razon deberían preservarse, teniendo en cuenta que en las construcciones antiguas los materiales son malos conductores, y que no debe calcularse por lo que estos sufren lo que pueden sufrir los que contienen metal; en el caso de preservar un edificio de esta clase, no se olvide la circunstancia de hacer comunicar con el conductor todas las partes metálicas (1004), ó hacer pasar el conductor aislado á mucha distancia.

1008. Electricidad en el aire. En la atmósfera se encuentra electricidad, no solo en las nubes sino en el aire que nos rodea: colocando un electrómetro á cierta altura, los panes de oro se desvian, y uniendo al conductor del aparato un cordon conductor con una flecha al estremo, lanzándola en la atmósfera se observa una desviacion muy pronunciada. De los esperimentos hechos por estos medios, ha resultado que siempre hay electricidad libre en el aire, siendo

positiva cuando está pura y sin nubes, y positiva ó negativa en los demás casos, cambiando el signo en un mismo dia varias veces; en ciertas circunstancias la cantidad de electricidad aumenta con la altura, siendo nula hasta llegar á una cierta elevacion sobre el suelo, que en el campo raso es de metro y medio próximamente y en las poblaciones mucho mayor, observándose solo en los puntos despejados de ellas, como plazas ó paseos, en los que suele ser positiva, pero en las calles, en las casas ó debajo de árboles, no es sensible. El fluido se encuentra en mayor cantidad en los puntos elevados y despejados, pero varía esta cantidad en las diferentes épocas del dia, pues se ha observado que á la salida y puesta del sol es el mínimo, y que desde estas horas, aumenta hasta la media mañana y las 10 ó 12 de la noche, que son las horas del máximo; en invierno es mayor la cantidad que en verano para tiempo sereno; y finalmente, la tierra tiene siempre electricidad negativa y en mas ó menos cantidad segun la temperatura y el estado higrométrico del aire atmosférico.

1009. Causas de electricidad en la atmósfera. Habiendo reconocido que existe la electricidad en la atmósfera, ya en el aire ó ya en las nubes, ocurre averiguar el orígen de esta electricidad: desde luego la evaporacion, que en tan grande escala se está produciendo continuamente en la superficie del globo, fenómeno que sabemos es origen de electricidad (936), debe llevar á la atmósfera grandes cantidades de fluido. La vejetacion, de que resultan fenómenos químicos, y la combustion, cuyos productos volátiles se han encontrado cargados de electricidad positiva, podrán aumentar esta cantidad, así como el frotamiento del aire en movimiento, contra la superficie de la tierra; el calor del sol sobre esta debe formar corrientes termo-eléctricas; y en fin, algunos han supuesto al globo como una inmensa pila que está produciendo fluido: estas causas, y acaso alguna otra, deben ser el origen de la electricidad atmosférica, siendo fácil concebir la formacion de grandes cantidades de fluido aun cuando no se tengan en cuenta varias de ellas, por no estar enteramente averiguado que puedan ser origen de electricidad.

1010. Granizo. Un fenómeno que se atribuye á la electricidad, es el granizo; el agua conjelada por las mismas causas probablemente que originan la nieve (489), y despues comprimida, ó acaso en otras circunstancias, forma granos duros que al caer constituyen el fenómeno conocido con el nombre de *granizo*, y si son de mayor tamaño, con el de *piedra*. Volta, para esplicar este fenómeno, suponia que el agua conjelada era atraida y repelida por dos nubes cargadas de electricidades contrarias, de la misma manera que hemos visto se efectúa en las esferillas del esperimento llamado granizo eléctrico (922); en este movimiento encuentran las gotas sólidas otras líquidas, á las que se unen, y despues conjeladas las líquidas se aumenta el volumen lo bastante para que la gravedad haga caer el grano formado : esta teoría tiene en contra suya, el que si las nubes tienen electricidad suficiente para producir el movimiento de masas de agua conjelada, tan considerables, se precipitarán una sobre otra: pudiéramos citar algunas hipótesis mas, pero ninguna es admisible; sin embargo, la mayor parte de los físicos están de acuerdo en que la electricidad es causa de este fenómeno; de aquí proviene el que algunos se hayan ocupado en buscar aparatos preservadores del granizo, á los que han llamado *para-granizos*, y que siempre han sido dispuestos, como los para-rayos,

en comunicacion con el suelo, para neutralizar la electricidad de las nubes; el último de estos aparatos que se ha propuesto, se compone de un globo aereostático armado de puntas de hierro, y unido al suelo por medio de un conductor metálico; este aparato repetido en varios puntos del terreno, debe producir el efecto de llevar mucha electricidad á las nubes cargadas de fluido, aunque se encuentren á bastante altura, neutralizándole, y evitando los efectos que pudieran resultar; pero facilmente se concibe la poca seguridad que debe tenerse en el buen éxito de esta especie de aparatos, y dado caso que pudieran dar resultados satisfactorios, la cantidad prodigiosa de aparatos que sería necesaria para preservar una estension de terreno aunque no fuera considerable. Hay tambien un hecho que prueba la ineficacia de estos para-granizos, y es que en las poblaciones donde hay muchos para-rayos establecidos, graniza lo mismo que donde no los hay, sin embargo de que estos debieran ser los mejores para-granizos por su altura y perfecta comunicacion con el suelo.

1011. Mangas. Las *mangas* ó *trombas marinas*, á que tambien suelen dar otros nombres, son producidas por masas de vapor; muchos marinos han descrito las mangas, y aunque de maneras algo diferentes, puede deducirse que se forman de una porcion de vapor que desciende desde una nube, en forma de cono, y va prolongándose hasta que, llegando cerca de las aguas del mar, se agitan estas, elevándose despues con un movimiento giratorio mas ó menos rápido, formando una columna, y á veces mas de una, que suele ser trasparente al principio, y luego opaca; esta columna impelida por el viento se mueve, y su fuerza de aspiracion es suficiente para elevar pequeños barcos y lanzarlos á distancia, produciendo tambien sobre los continentes el efecto de arrancar los árboles, quitar á las casas sus tejados y á veces derribarlas, causando otros estragos semejantes; suele en algunos casos despedir relámpagos y truenos, granizo, lluvia en abundancia y fuerte ruido; otras veces solo despide lluvia, siendo de notar que el agua que arrojan las mangas no es salada aunque estén encima del mar, segun se ha observado; las mangas se forman siempre por la tarde, y no muy distantes de la tierra, como que algunos marinos dicen que pueden servir como señal de que esta se encuentra cerca. La causa de semejante fenómeno es desconocida; muchos físicos han supuesto que la fuerza atractiva de la electricidad, unida á la natural de los cuerpos, son las que originan las mangas; tambien se ha supuesto ser una columna de fluido eléctrico que recibe un movimiento giratorio por la accion magñética de la tierra; pero otros suponen que la electricidad observada en las mangas, es efecto y no causa: si el fluido electrico las produjera, se sentirian conmociones, y las agujas magnéticas se perturbarian, pero en algunas mangas se ha observado que nada de esto sucede, por lo tanto esplican este fenómeno suponiendo dos corrientes de aire contrarias y paralelas, que al encontrarse toman sobre la parte en que chocan, un movimiento giratorio que va descendiendo, y al llegar á las aguas, arrebata una porcion de líquido, á la manera que se forma á nuestra vista en los torbellinos que hacen elevar con mas ó menos violencia los cuerpos ligeros que encuentran en el suelo; la electricidad observada en algunas mangas, se supone en este caso formada por el frotamiento entre unas partes del aire con otras. Napier, describiendo una manga que tuvo ocasion de ver, dice que al observar que se aproximaba á su navio, mandó disparar contra ella muchos cañonazos

que hicieron el efecto de cortarla en dos partes, las cuales despues de flotar un corto tiempo, se reunieron de nuevo para desaparecer en seguida, quedando solo la nube negra que formaba la parte superior, la cual desprendió en seguida un terrible aguacero. El mismo fenómeno de las mangas, producido en tierra, forma los *torbellinos* ó *mangas de aire*, que han sido tambien descritos por algunos viajeros y físicos que los han observado; sus efectos son los mismos de arrancar los árboles y tejados, y de elevar las aguas de rios ó lagos que encuentran á su paso.

1012. Aurora boreal. Este meteoro luminoso, observado repetidas veces en la proximidad del polo Norte, por lo que se le ha dado el nombre de *aurora boreal*, debiera mas bien llamarse aurora *polar*, puesto que en el polo Sur tambien se ha observado. Son muchas las descripciones que se han hecho por los que han tenido ocasion de examinar y estudiar este fenómeno, y de ellas resulta lo que vamos á esponer: este meteoro se ha observado en el polo Norte con mas frecuencia, acaso porque ha habido mas ocasion para ello que en el otro polo, y puede admitirse que se empieza á producir á los 45 grados de latitud, aumentando el número á medida que disminuye esta latitud; aparece siempre dos ó tres horas despues de ponerse el sol, y en todas estaciones, pero se cree que son mas frecuentes en los equinoccios; su duracion suele ser á veces de algunas horas, y tambien se ha observado varias noches seguidas, y mas de una vez en la misma noche: el meteoro empieza por un arco de una luz confusa que se percibe hácia el Norte, y cuyo punto mas elevado está en el meridiano magnético; despues salen de este arco, ráfagas luminosas de color, que varia desde el amarillo al verde y rojo, las cuales se van elevando, y vienen á reunirse en la parte superior, formando una especie de bóveda luminosa; de esta salen rayos que se reunen mas arriba en una especie de globo iluminado, á que han dado el nombre de *corona* de la aurora boreal; en este caso el meteoro es completo, y permanece mas ó menos tiempo; empezando despues á debilitarse la luz, se apaga la corona, y el arco primitivo palidece hasta que todo presenta unas ráfagas como al principio del fenómeno, las cuales van disminuyendo hasta desaparecer. La direccion de los rayos es á un punto marcado sobre el plano del meridiano magnético por la prolongacion de la aguja de inclinacion, observándose que la declinacion de la aguja sufre perturbaciones que se hacen sentir á grandes distancias, y algunas horas antes de producirse el fenómeno. La altura á que empieza á formarse la aurora es muy variable, y algunas se han observado á distancia de 3 á 4 leguas; y aunque se ha supuesto que no salia de la atmósfera, Dalton dice haber visto una que tenia el punto mas elevado del arco á 40 leguas de la tierra. Varias veces las auroras se pueden percibir á grandes distancias; así es que son visibles en nuestros climas, si bien con poca frecuencia, citándose alguna que se ha visto al mismo tiempo desde Moscou y Cádiz. Varias son las teorías que se han formado para esplicar este fenómeno: antiguamente se suponia que era la *materia magnética* que se inflamaba, lo que hoy dia podria traducirse por corrientes eléctricas convertidas en luminosas; las perturbaciones que produce en la aguja, y su posicion con respecto al meridiano magnético, parecen darlas un origen eléctrico; y hasta su luz, semejante algun tanto á la que se forma en el vacío; de modo que se ha supuesto que en climas tan frios, la electricidad se acumula en las altas regiones, y no pasa á la tierra por la sequedad y falta de tempestades en estos puntos; pero suponiendo que sea cier-

to lo que dejamos dicho, queda por esplicar, al menos satisfactoriamente, cómo esta electricidad se hace luminosa, y por qué presenta la forma que se observa constantemente en su luz; como ninguna teoría de las varias que se han formado para dar razon de este fenómeno puede satisfacer, concluiremos que hasta el dia se encuentra sin esplicacion.

CAPITULO IX.

LUZ ELÉCTRICA.

1013. Luz eléctrica. Ya hemos visto que la electricidad puede producir una viva luz haciendo pasar la corriente eléctrica de un estremo á otro de dos conductores de carbon bien calcinado (968). Desde que Davy preparó esta luz á principios del siglo presente, ne se habian hecho aplicaciones, hasta que las nuevas pilas de corriente constante, y otros modernos descubrimientos, han sido causa de que la luz eléctrica pueda considerarse en el dia como un medio eficaz de alumbrado, si bien todavía su coste, larga preparacion y falta de buenos aparatos, han limitado su uso, que no ha pasado de ensayos y alguna que otra aplicacion. Sin embargo, como parece estar reservado un lugar importante á la luz eléctrica entre las aplicaciones útiles, vamos á estudiar esta cuestion.

1014. Aparatos de luz eléctrica. Los aparatos de luz eléctrica se componen de una pila que produce la corriente, y que lleva en sus polos unos conos ó barras de cok, que es el carbon que ha dado mejores resultados para este objeto, los cuales se forman calcinando bien el cok y apagándole en mercurio cuando está hecho ascua; colocadas las puntas de estos conos una enfrente de otra y haciendo pasar la corriente, el carbon del polo negativo se pone candente primero y despues el del positivo, que es el que da una luz mas brillante, debiendo ser algo mas grueso porque se gasta mas; pero la disminucion del carbon hace aumentar la distancia de las dos barras, por lo que disminuye la intensidad de la luz, y por esta razon ha sido necesario añadir un aparato regulador que mantenga la distancia conveniente entre los carbones: muchos son los aparatos inventados para el objeto, pero todos movidos por la misma corriente eléctrica, pues son grandes las dificultades que presenta el formar un aparato estraño á la corriente y que haga marchar á los carbones como conviene; algunos de estos aparatos hacen mover solo el carbon positivo, y sirven para todos los casos en que no es necesario que la luz conserve una posicion fija; otros hacen mover los dos, y se emplean cuando es necesario que la luz se conserve en un mismo punto, como sucede por ejemplo al iluminar los aparatos de óptica: vamos á describir en cada género uno de los mas sencillos, y no nos ocuparemos de otros varios inventados, porque muchos se han modificado, otros son complicados, y otros, en fin, no son de tan buenos efectos como es de desear.

1015. Aparato que mueve un carbon. Para producir el movi-

miento de un carbon, ha inventado Deleuil el siguiente aparato (*fig.* 552). Los dos conos de carbon están colocados verticalmente, el negativo *A* fijo: el positivo está sostenido al estremo de una barra *C* dentada en uno de los lados, y en sus dientes entra un pequeño muelle *T* que impide á la barra el bajar; debajo se encuentra la palanca *DH*, que está fija en *E* y termina por su estremo *D* en una barrita ó corchete que entra tambien en los dientes de la barra *C;* á la *DH* la mantiene el muelle *I* elevada en *D* todo lo que permite el tope *L*, que es un tornillo que puede subir y bajar; este muelle *I* se pone mas ó menos tendido por medio de la pieza *O*, que tiene un tornillo en su estremo para producir la tension. La corriente entra por *S* y pasa por un electro-iman *R*, desde donde se dirije al carbon *P* y de este al *A*, produciendo entre ellos la luz, y pasan por el camino que marcan las flechas al polo opuesto de la pila: un espejo *N* para reflejar la luz completa el aparato. Supongamos que la corriente se establece; el electro-iman *R*, convertido en iman, atrae la palanca *DH*, que tiene en *H* una pieza de hierro para este efecto, y en tal caso el corchete *D* baja y engancha á la barra *C* por el diente que corresponde á su estremo, pero el carbon *P* se gasta, y entonces la corriente que tiene que atravesar mayor espacio, se debilita, el iman *R* pierde parte de su fuerza y suelta la palanca, en cuyo caso el resorte *I* la hace subir, y como está enganchada con el corchete *D* en la barra *C*, sube esta y por consiguiente tambien el carbon *P*, volviéndose á establecer de nuevo la corriente; en este caso el iman adquiere de nuevo la fuerza que habia perdido, atrae á la palanca *DH* y el corchete *D* engancha á la barra *C* por un diente mas abajo, y se encuentra en disposicion de hacer subir otra vez, como antes hemos dicho, á la barra *C* cuando vuelva á gastarse el carbon: este aparato funciona bien y es sencillo, pero necesita corrientes de alguna intensidad.

Fig. 552.

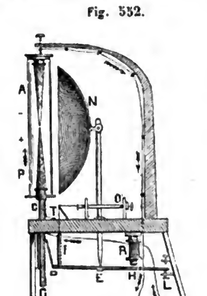
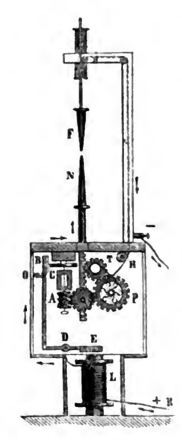


Fig. 553.



1016. Aparato que mueve los dos carbones. El aparato de Duboscq (*fig.* 553) mueve los dos carbones. Se compone de una máquina sencilla que hace girar la pieza *AC*, compuesta de una rueda dentada *C*, un volante y un engranaje cilíndrico *A;* este hace mover la rueda *S*, la cual pone en movimiento á la *P*, que está unida á otra de menor diámetro en que va arrollado el estremo de una cadena ó cordon que sujeta la barra á que va unido el carbon *F;* en la rueda *P* va arrollado otro cordon que pone en movimiento á la rueda *T*, la cual hace subir por medio de una barra dentada, el carbon *N;* completa el aparato una palanca angular *BDE* fija en *D*, terminada en *B* por una pieza que puede enganchar en

la rueda *C*, y unida en *E* á una pieza de hierro que está encima del electro-iman *L:* supongamos que establecida la corriente, entra por *R*, siguiendo la direccion de las flechas; el electro-iman atrae la pieza *E* de la palanca *BDE*, y la parte *B* engancha la rueda *C*, en cuyo caso todo el mecanismo queda parado; pero aumenta la distancia de los carbones y disminuye con ella la cantidad de electricidad que pasa; el electro-iman se debilita y deja la palanca, que cede á la fuerza de un resorte *O*, y suelta la rueda *C;* en tal caso gira la pieza *A* que mueve la rueda *S*, la cual hace girar á la *P* que desarrolla parte del cordon *H* y baja el carbon *F;* pero al mismo tiempo la rueda *P* arrolla parte del cordon que va unido á la *T*, la cual, girando, mueve la barra dentada y hace subir el carbon *N;* establecida de nuevo la corriente con la suficiente intensidad, el electro-iman atrae la pieza *E* de la palanca, se engancha la *B* otra vez en *C* y todo queda de nuevo sin movimiento. La rueda que va unida á la *P*, y en la cual se arrolla el cordon *H*, puede hacerse de mayor ó menor diámetro por medio de unos resortes que aumentan su circunferencia formada de varias piezas; de este modo se arregla el movimiento del carbon *F*. Este aparato es bastante bueno, y no necesita una corriente muy intensa para funcionar.

1017. Intensidad de la luz eléctrica. La luz eléctrica, como hemos dicho antes (968), no necesita fluido de mucha tension, sino cantidad grande de este, por lo que convienen pilas de superficie estensa; las de Bunsen, mayores (951), son las que se emplean generalmente. La intensidad de esta luz se ha comparado con la del sol, tomando por fotómetro una placa metálica cubierta de yodo como en el daguerreotipo (795), y han supuesto que con 46 pares grandes de Bunsen era 0,235 de la del sol, y con 138 unidos 3 á 3 por igual polo, era 0,383 ó un tercio de la del sol; observando al mismo tiempo que el número de pares aumenta poco la intensidad de la luz, al paso que la mayor estension en superficie la hace aumentar. Comparada con una bujía, se han encontrado resultados diferentes, pues la de 48 pares se ha supuesto igual á 572 de aquellas, y la de 50, á 1500 segun otros observadores; de modo que resultan grandes diferencias, mucho mas cuando hay apreciaciones distintas de la intensidad de la luz solar comparada con las luces artificiales: por nuestra parte añadiremos, que una luz producida por 30 pares pequeños de Bunsen, medida con el fotómetro de Weatsthone (829), y comparada con la de una vela de cera, que es la que hemos tomado por unidad en nuestras observaciones (870), nos ha dado 210, que es el número que hemos marcado, por ser tan diferentes los que se han fijado por varios observadores. Una circunstancia notable en la luz eléctrica es su blancura ó palidez, que la hace semejante á la luz de la luna mas bien que á la del sol, por lo que parece que alumbra menos, sin embargo de que su intensidad daña á la vista y puede producir mal en los ojos: estas circunstancias, y otras debidas á los aparatos en que se obtiene la luz, como son el contínuo movimiento de los carbones, la dificultad de que marchen largo tiempo dando una intensidad igual, ya por las pilas, ya por los carbones, y lo embarazoso de la preparacion, hacen que el problema de la produccion de luz eléctrica no se encuentre todavía resuelto industrialmente, á pesar del entusiasmo con que algunas personas lo han acojido, llegándose á figurar que unas pocas luces eléctricas, ó acaso una sola, alumbrarian ciudades enteras con claridad semejante á la del dia. En cuanto al coste de

esta luz no podemos presentar datos exactos, puesto que los de otros paises no servirán para el nuestro; diremos solo para dar una idea, que Deleuil calcula que en París, en 8 ó 10 horas de luz producida por 50 pares de Bunsen grandes, de carbon interior, se gastan á razon de 2 francos por hora solo en los ácidos y metal consumidos; aparte el interés correspondiente al valor de los aparatos.

1018. Aplicaciones hechas. Se han hecho algunas aplicaciones de la luz eléctrica, sin contar infinitos ensayos en iluminaciones de fiestas públicas y otros semejantes. Se ha aplicado en los teatros para imitar el sol ó la luna; tambien para el microscopio solar (773) con muy buen éxito. En el verano de 1850 se puso una luz eléctrica para alumbrar un establecimiento de baños sobre el Sena en Paris, empleando 50 pares de Bunsen grandes, y la luz producida penetraba hasta el fondo del rio; en 1854 se establecieron tambien dos luces eléctricas en la misma ciudad, para alumbrar á los obreros ocupados durante la noche en las construcciones de la calle de Rívoli; antes habia sido empleada tambien la luz eléctrica en los trabajos para la construccion de un dique, durante la noche, en Inglaterra; alguna otra aplicacion semejante es lo que se puede añadir hasta ahora, á pesar de las muchísimas que pudiera tener, venciendo las dificultades que hemos indicado antes.

CAPITULO X.

GALVANOPLASTIA.

1019. Galvanoplastia. Hemos visto que las corrientes eléctricas descomponen las sales, y que si es poco estable su óxido ó base, el ácido y el oxígeno del óxido pasan al polo positivo, y el metal pasa enteramente solo al negativo (963). Segun esto, si tomamos en disolucion una sal que se encuentre en estas circunstancias, y se introducen en ella los dos alambres de la pila, el metal se irá reuniendo sobre el negativo en pequeñas partículas; asi sucede efectivamente, y si por ejemplo hemos colocado en este polo el molde en hueco de una medalla, estas pequeñas partículas del metal llenarán perfectamente todos los detalles de él, sobreponiéndose despues unas á otras en capas de una grande adherencia que formarán la medalla de relieve con todos los detalles mas delicados del molde, pudiendo tambien hacerse la operacion inversa; si en lugar del molde se introduce un cuerpo metálico, se cubrirá con una capa del metal que la sal contiene, resultando plateado ó dorado si la sal era de alguno de estos dos metales. Esta aplicacion de las corrientes eléctricas, de que tanto partido se saca en el dia, como es fácil pensar, ha tomado el nombre de *Galvanoplastia*.

1020. Moldes. Si se trata de reproducir en metal un objeto cualquiera, es necesario hacer de él un molde exacto. Varios son los cuerpos que pueden elegirse para formar este molde, y la eleccion á veces estará determinada por la naturaleza del objeto que se ha de reproducir, pues si, por ejemplo, fuera de una materia fusible, sería necesario sacar el molde á frio: entre los cuerpos que pueden emplearse, vamos á examinar algunos que dan escelentes resultados. La

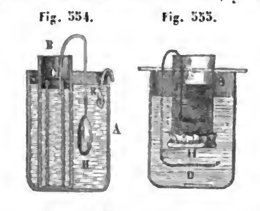
cera se emplea fundiéndola y echándola sobre el objeto, pero este cuerpo se contrae bastante al enfriarse, y además de resultar la reproduccion en tamaño un poco menor, lo que no es apenas inconveniente por ser casi despreciable la disminucion, suelen formarse grietas ó destruirse los detalles delicados, pero mezclando la cera con albayalde muy bien pulverizado, y en cantidad conveniente para formar un líquido algo espeso, resultan muy buenos moldes; no fijamos las cantidades, porque no es necesario. La *estearina* produce tambien escelentes moldes y como para procurarse esta no hay mas que fundir un pedazo de bujía esteárica, se tiene facilmente un buen molde; advertiremos sin embargo que para este objeto deben escojerse buenas bujías, y echar la estearina sobre el objeto cuando está próxima á solidificarse, pues de lo contrario cristaliza al hacerlo, y resultan superficies escabrosas. La *guta-percha* da facilmente muy buenos moldes poniéndola en agua caliente hasta que se ablande, despues se coloca encima del objeto y se comprime, primero poco y al fin con fuerza, hasta que se enfrie. El *lacre* da tambien buenos moldes sin mas que fundirle, y colocar encima el objeto lo mismo que para sellar. La misma corriente eléctrica puede dar tambien moldes, poniendo el objeto convenientemente preparado en una disolucion de sal de cobre, que descompuesta producirá el objeto en hueco y servirá despues de molde. Las mezclas de metales llamados metales fusibles, que funden á mas ó menos temperatura segun su composicion, sirven muy bien para el objeto; una mezcla de 5 partes de plomo en peso, 3 de estaño y 8 de bismuto, funde á 100°, y aumentando las cantidades de plomo y estaño, aumenta tambien la temperatura de fusion; una mezcla de 5 partes de estaño, 4 de plomo, 8 de bismuto y 1 de antimonio funde á 108°; y finalmente, el plomo solo, ya por presion ó ya fundido, da tambien muy buenos moldes. Para moldear en frio puede emplearse el yeso, y mejor el polvo de escayola. Para formar el molde, si se trata de una medalla ú otro objeto semejante, se le cubre de una ligera capa de aceite ó grasa para que no se adhiera el cuerpo que se le ha de echar encima; despues se le rodea con una faja de papel ú hoja de metal, y se ata ó pega para que se mantenga fijo; en esta caja, cuyo fondo es la medalla, se echa el cuerpo caliente ó desleido en agua, que ha de formar el molde; cuando se ha de sacar este en un metal fundido, se debe colocar en una vasija del tamaño proporcionado á la medalla ú objeto y cuando el metal está líquido se deja caer de plano sobre su superficie la medalla, y no se mueve hasta que se enfrie. Si la forma y tamaño de los objetos son diferentes de los que hemos indicado, los moldes se hacen como en los vaciados y fundiciones en grande escala, en cuyo caso requieren conocimientos especiales que no son de este lugar. Ya construido el molde es necesario cubrirle, si no es metálico, de una capa que le haga buen conductor, pues de lo contrario no se deposita encima el metal; una capa de plombagina estendida con un pincel suave, es el mejor medio; tambien puede echarse sobre el molde una disolucion de nitrato de plata, y dejándola á la luz se precipita una capa metálica que basta para la conductibilidad. Si el molde es metálico hay que cubrirle con una ligera capa de aceite ó grasa, para que no se adhiera el metal que ha de depositarse encima, y tambien debe cubrirse de cera todo el reverso y demás partes sobre las que no deba depositarse metal. En todos los casos el molde se sostiene con un alambre de cobre que debe cubrirse tambien de cera,

pero cuidando de que esté en contacto con la capa de plombagina del molde, porque de lo contrario no se depositará el metal sobre este, por estar interrumpida su comunicacion con el polo de la pila.

1021. Dorados y plateados. Cuando es necesario que el metal depositado se adhiera al molde, como sucede en el dorado y plateado, y en otros casos, hay que preparar las piezas de manera que no haya en ellas nada que impida la adherencia; el cobre se lava con agua que contenga 8 á 9 por 100 de ácido sulfúrico, y despues de secarle entre serrin de madera ó salvado, se lava en otro baño de agua que contenga algo de ácido nítrico y unas gota de ácido clorhídrico; cuando se ve que no presenta colores cambiantes la superficie del metal, se lava en agua clara, y se seca entre salvado; la plata suele lavarse con agua acidulada con el ácido sulfúrico, secando lo mismo; y los demás metales con agua acídula de un ácido que pueda atacar los óxidos de que suelen estar cubiertos. Si son piezas que se han usado bastante, conviene darles una calda antes de lavarlas, con el objeto de quemar las sustancias que pueden estar adheridas á ellas. Debe soldarse antes del lavado, un alambre de cobre en un punto poco importante del objeto; esta soldadura se hace con plomo y estaño, y el alambre sirve de conductor y de punto de suspension.

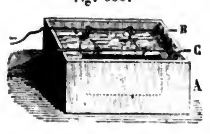
1022. Pilas. Para la descomposicion de una sal, hemos visto que no se necesita mucha cantidad de fluido sino alguna tension (960); y por esta causa se emplean pilas muy sencillas que producen poca electricidad, pero con la tension necesaria para precipitar el metal: en algunas pilas el mismo molde forma un elemento de ellas, y se llaman pilas *simples;* en otras está unido al polo negativo de una cualquiera de las pilas que hemos esplicado, á las que se llama en este caso pilas *compuestas*. Las pilas simples pueden prepararse (*fig.* 554) con un vaso *A* que contiene la sal en disolucion; dentro de este hay otro poroso *B* con agua acidulada de ácido sulfúrico, y dentro de esta agua un cilindro *C* de zinc, del cual sale una chapa de cobre á la que se suspende el molde *H*. que está sumerjido en la disolucion salina y forma el segundo elemento de la pila: como la disolucion de sal se va debilitando á medida que se descompone, suele ponerse una muñeca *R* con cristales de la sal, los cuales se van disolviendo y mantienen el baño en el mismo estado de saturacion. La pila puede disponerse todavía mas sencillamente (*fig.* 555): en un vaso cualquiera se coloca agua acidulada y dentro un cilindro de vidrio *B*, cerrado en su fondo con un cuerpo *H* que sea poroso, un pedazo de vejiga ó pergamino por ejemplo; dentro de este vaso se coloca la disolucion salina, y en ella el molde unido por una plancha de cobre á la plancha de zinc *D*, que está sumerjida en el agua acidulada del vaso esterior; debe ponerse esta plancha paralela al molde, con el objeto de que sea mas igual el depósito, y añadir la muñeca con cristales de la sal para mantener saturada la disolucion. Todavía se dispone la pila con una caja dividida en dos partes por medio de un cuerpo poroso, que puede ser yeso, pergamino ú otro cualquiera; en una de las partes se coloca el agua acidulada y el zinc, y en la otra la diso-

Fig. 554. Fig. 555.



lucion salina y el molde, unido al zinc con una banda de cobre. Las pilas compuestas queda dicho que son todas las que hemos dado á conocer en la electricidad (942), siendo preferibles las de corriente constante, de Bunsen (951) ó Daniell (950), pero acidulando debilmente el agua en que se coloca el zinc para disminuir la energía de la pila; tambien produce buen efecto la de Bragantion (955). Cuando se hace uso de estas pilas se pone la disolucion salina dentro de un baño *A* (*fig.* 556); una barra *B* sostiene colgados los moldes, que pueden ser varios, la cual está unida al polo zinc negativo, y otra barra *C* unida al positivo, sostiene una plancha del metal que se encuentre en la sal disuelta, cuya plancha toma el nombre de *electrodo soluble;* establecida la corriente, el oxígeno forma óxido con el metal de *C*, y el ácido combinado con este óxido forma sal de la que contiene el baño (963), y en cantidad próximamente igual á la que se va descomponiendo, así la disolucion conserva siempre un mismo estado de saturacion· debe la plancha ponerse paralela al molde para que el depósito sea bien regular.

Fig. 556.



1023. Sales. Las disoluciones que se emplean por llenar las condiciones que sabemos deben tener las sales para descomponerse como aquí es necesario (963), precipitando solo el metal, son las siguientes, tomando las cantidades en peso.

Precipitado de oro ó dorado. Cloruro de oro, 1; cianuro de potasio, 10; agua, 100.

Precipitado de plata ó plateado. Cianuro de plata, 1; cianuro de potasio, 10; agua, 100.

Precipitado de platino. Cloruro doble de platino y potasio disuelto en potasa cáustica.

Precipitado de cobre. Sulfato de cobre, 20; ácido sulfúrico, 8; agua 100. Se emplea el sulfato de cobre por ser el mas barato, pero puede emplearse el nitrato, el cloruro y acetato; el ácido se pone por ser mal conductor este baño sin él.

Precipitado de zinc. Disolucion saturada de sulfato de zinc.

Precipitado de plomo. Acetato de plomo, 30; agua, 100; ácido acético ó nítrico para hacer ácida la disolucion y que conduzca bien el fluido.

Precipitado de estaño. Estaño disuelto en agua régia, añadiendo algo de ácido nítrico para hacer ácida la disolucion y que conduzca bien el fluido.

Estos son los baños que se emplean con buen resultado, pero es evidente que pueden variarse, y hay casos en que esto es necesario, porque el baño obra sobre el cuerpo que ha de recibir el depósito; por ejemplo, el sulfato de cobre no puede servir para hierro ni zinc porque se atacan con él.

1024. Tiempo de la operacion. El tiempo que dura la operacion depende naturalmente del grueso que quiera darse á la capa de metal depositada, pero igual grueso puede formarse en mas ó menos tiempo segun la energía de la pila, el grado de concentracion del baño y su conductibilidad: una medalla puede sacarse bastante gruesa en 24 horas, y tambien tardar 60 y mas.

1025. Observaciones. La práctica ha dado á conocer, que cuanto mas enérgica es la corriente tanto mas duro es el depósito, produciendo el mismo resultado la mayor concentracion del baño. La temperatura elevada tiende á des-

unir el depósito, ó sea á reducirle á polvo; y la mucha estension del electrodo soluble con respecto al molde, tiende al mismo resultado.

1026. Aplicaciones. Las aplicaciones de la galvanoplastia son muchas, y aumentan cada dia. Con ella se sacan copias exactas de medallas ú otros objetos semejantes; se forman planchas con dibujos ó figuras en relieve para muchos objetos de lujo: se dora, sustituyendo este método con mucha ventaja al dorado á fuego, tan perjudicial á los obreros; se platea cualquier metal, cuidando antes de cubrirle con una ligera capa de cobre y en particular algunos metales como el hierro y el estaño; se cubren relieves, estátuas ú otros objetos naturales, como frutas ó semillas, con una capa de metal que las conserva: se vacian tambien figuras ó cualquier objeto de bulto, preparando moldes en cuyo interior se precipita el metal, habiéndose ya hecho por este medio estátuas de tamaño colosal. Puede tambien cubrirse un metal oxidable al aire con otro que no lo sea con el objeto de preservarle, ó aplicar esto mismo para otros usos; el hierro que haya de estar al aire se cubre con zinc, y los crisoles ó cápsulas de laboratorio construidas de cobre se cubren con platino; las armas, instrumentos de cirujía y objetos de lujo se cubren de oro, ya para lujo, ya para preservarlos de la oxidacion. Con la galvanoplastia se reproduce un grabado, formando lo que se llama un *cliché*, y para ello se saca el molde por cualquiera de los medios que hemos esplicado (1020), segun las circunstancias; lo mejor generalmente será la gutapercha; despues se pone á la accion de la pila en el baño de cobre, y cuando la capa de este metal es suficientemente gruesa, se arranca del molde y resulta un grabado en cobre igual en un todo al que sirvió para producirle; es necesario reforzarle por detrás con una capa de plomo y estaño, ó con metal de imprenta, y para esto se le hace una caja, y el metal fundido se echa en ella bien caliente, poniendo antes un poco de pez griega para que adhiera el metal al cobre; un grabado, por ejemplo en madera, puede reproducirse hasta el infinito, puesto que de él podrán sacarse todos los clichés que se quiera, los cuales servirán para la impresion en la clase de prensa conveniente: las *figuras* **488, 490, 519, 524** y **554** están impresas con clichés, que hemos sacado sobre los grabados en madera, para que puedan servir de muestra. Se han hecho tambien ensayos para formar planchas de cobre para el grabado, cubriendo de una capa la plancha que pueda preservarla de la accion de la pila, y descubriendo en seguida las partes que deben quedar marcadas; puesta la plancha á la accion de la corriente eléctrica en el polo positivo, y un cuerpo conductor en el negativo, se disuelve el cobre en las partes descubiertas, como sucede en el grabado al agua fuerte; se ha tratado tambien de formar planchas para grabar con las pruebas sacadas en placa por el daguerreotipo, poniéndolas en ácido clorhídrico en el polo positivo para disolver el mercurio y no la plata, obteniendo algunos resultados satisfactorios. Se han sacado moldes de objetos, como hojas y flores, de plantas, encajes y bordados en telas ligeras, y otros muchos semejantes, poniendo el cuerpo que se ha de reproducir, encima de una plancha de plomo, y sobre él un cuerpo duro y liso, por ejemplo una plancha de acero bruñido; sometiendo todo á la presion de una prensa bastante fuerte, se obtiene un molde que despues en la pila produce el objeto en relieve sobre un plano, y si del molde se saca otro en relieve y se pone á la pila, sale un tercer molde en hueco igual al primero.

que sirve para la impresion de imágenes semejantes al objeto primero, las cuales reproducidas con los colores exactos del original, forman imágenes de una verdad sorprendente: á esto han llamado los alemanes *naturselrsdruc*. Se han hecho tambien preparaciones para azogar espejos por las corrientes; en una palabra, son tantas las aplicaciones que se han ensayado, y muchas de ellas con un éxito feliz, que no es posible enumerarlas todas, pero las indicadas hacen ver el gran partido que puede sacarse de las corrientes eléctricas por su accion química sobre los cuerpos.

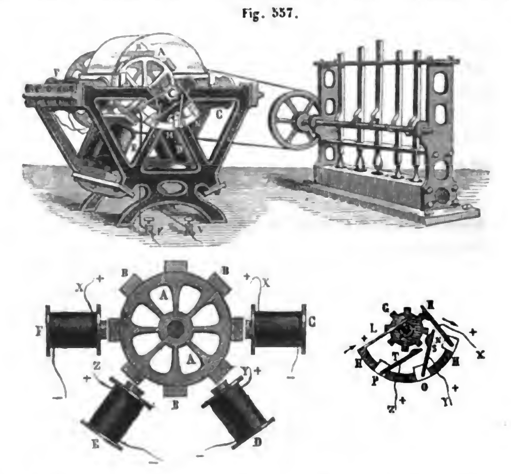
CAPITULO XI.

EMPLEO DE LA ELECTRICIDAD COMO FUERZA MOTRIZ.

1027. Electricidad como fuerza motriz. Muchos son los ensayos que se han hecho para emplear la electricidad como fuerza productora de movimiento, construyendo ingeniosas máquinas en las cuales la electricidad es el único motor que las pone en accion, pero aunque los ensayos han sido bastante felices, el coste de esta fuerza es muy superior al de igual cantidad producida por otros medios, y esta es la causa por que en el estado actual de la ciencia no se halla el problema resuelto industrialmente. Entre los muchos aparatos imaginados, podríamos citar un telar á la Jacquart, que se hizo funcionar en Reims con muy buen éxito, y algunos otros inventados por diferentes físicos; pero el que se ha ocupado de la resolucion de este problema y ha construido muchos aparatos modelos, de distintas formas, es el constructor Froment: generalmente sus máquinas consisten en electro-imanes que atraen sucesivamente las aspas ó brazos de ruedas de hierro, las cuales, puestas en movimiento por este medio, hacen girar un eje, que es el árbol de la máquina, el cual trasmite su movimiento para producir el efecto deseado: estos modelos, entre los que ha construido algunos de la fuerza de un caballo (30), han sido aplicados á varias máquinas, y el mismo constructor los hace que pueden aplicarse á producir el movimiento de otros modelos de máquinas, como bombas, martillos frontales, bocartes, máquinas de taladrar y muchos mas; lo que prueba que el problema de aplicar la fuerza eléctrica como motor á toda clase de máquinas está científicamente resuelto. Un sistema de máquina consiste en colocar un balancin apoyado en su centro y debajo de los estremos dos electro-imanes en cada lado, formados con dos cilindros huecos en los cuales entran piezas de hierro á manera de pistones, unidas al estremo del balancin: entrando la corriente en los dos electro-imanes de un lado los hace imanes, y atrae los pistones de hierro haciendo inclinar el balancin de aquel lado; cesando de entrar la corriente en estos electro-imanes y pasando á los otros del lado opuesto, atraen los pistones, y el balancin se inclina por esta parte; de modo que se produce un movimiento alternativo en el balancin, como el que produce el vapor; la corriente se cambia por medio de una rueda escéntrica que se coloca unida al árbol principal de la máquina, y esta escéntrica mueve un contacto que pone en comunicacion con la pila á los electro-imanes alterna-

tivamente. La *figura* 557 representa otra de estas máquinas recientemente construida, que se ha copiado exactamente del natural: en la parte superior está la máquina aplicada á mover unos pilones para cualquier uso, y debajo hay detalles en escala mayor; las letras iguales representan las mismas piezas. Un tambor *A* que gira sobre su eje, lleva en la circunferencia 8 barras de hierro *B:* cuatro electro-imanes dobles *C, D, E* y *F*, están colocados en la mitad

Fig. 557.



inferior del tambor, y tienen unido uno de los estremos de los alambres á un boton *V*, al que se fija un polo de la pila: debajo del eje hay una pieza *H* metálica que recibe la corriente por un alambre desde el boton *K*, en el cual se une el otro polo de la pila, y desde *H* pasa la corriente por *L* á una rueda dentada *G*, que gira con el eje, pero que está separada de él por un cuerpo aislador; la pieza *H* lleva otras tres *N, O* y *P*, de marfil ó de un cuerpo aislador, y sobre ellas tres varillas metálicas *R, S* y *T;* á la *R* va unido el alambre de los 2 electro-imanes *C* y *F*, á la *S* el de *D* y á la *T* el del otro *E;* además lleva *G* frente á estas barritas, 8 dientes de metal que las tocan sucesivamente· supongamos el tambor en movimiento, lo que se logrará con un impulso pequeño, si es que por sí solo no empieza á moverse; la barrita *R* toca al diente del eje, y la corriente que entra por *K* y *L* pasa por *R* y *X* á los 2 electro-imanes *C* y *F*, que se hacen imanes y atraen las barras *B* que tienen mas inmediatas, haciendo mover el tambor, y saliendo despues la corriente por *V;* pero el tambor al girar hace que *R* deje de tocar el diente de la rueda, y sea *S* el que la toque; en este caso, los electro imanes *C* y *F* dejan de ser imanes, porque no pasa la corriente por *R*, y quedan sin accion sobre las barras *B;* la corriente pasa por *S* y por *Y* al electro-iman *D*, que atrae las barras *B* mas próximas, y despues sale por *V;* dejando *S* de tocar al eje, y tocándole *T*, se imanta por *Z* el *E*, que atrae como los

otros, saliendo tambien la corriente por *V*; de modo que la velocidad adquirida por el tambor hace variar los contactos, y con ellos el punto de atraccion sobre las barras, y como estas atracciones van siendo en la misma direccion, producen el movimiento del tambor y de su eje, el cual, por medio de las trasmisiones de movimiento convenientes, podrá producir el de un aparato cualquiera como se indica en la figura, siempre que su resistencia no esceda á la fuerza producida.

1028. Relojes eléctricos. Se han hecho relojes eléctricos que marchan con una perfecta regularidad: un péndulo en sus oscilaciones hace variar la entrada de la corriente, produciendo una fuerza, ya en un punto ya en otro, y esta fuerza es la que pone en movimiento el reló, variando de muchas maneras los detalles de construccion. Se concibe que una misma pila puede mover y hacer señalar la misma hora á una porcion de relojes, siempre que se establezca entre ellos un conductor que termine en los dos polos, pero no se ha establecido todavía en ninguna parte un sistema de este género, que sería muy ventajoso, pues todos los relojes de una misma ciudad, por ejemplo, podrian señalar siempre la misma hora sin ninguna variacion absolutamente; fuera de esto, un reló aislado no tiene ventajas sobre los relojes comunes, y sí varios inconvenientes, entre ellos el principal de tener siempre la pila en actividad, lo que exije vigilancia y gasto contínuo; por esta causa no entramos en mas detalles.

CAPITULO XII.

TELEGRAFÍA ELÉCTRICA.

1029. Telegrafía eléctrica. Si la electricidad no se ha podido todavía aplicar con ventaja á producir grandes fuerzas, puede sin embargo producirlas pequeñas, y poner en movimiento cuerpos que presenten poca resistencia, y que marquen diferentes señales instantáneamente á cualquier distancia del punto en que se producen, por la prodijiosa velocidad del fluido eléctrico (959). En efecto, supongamos que de uno de los polos de una pila colocada en Madrid sale un alambre que llega hasta París, y de allí vuelve al otro polo de la pila de Madrid; en este punto se abrirá ó cerrará el circuito, sin mas que poner ó no el alambre en contacto con el polo de la pila á que debe unirse; cerrado el circuito, la corriente saldrá de Madrid, llegará á París, y de allí volverá á Madrid, habiendo tardado un tiempo tan sumamente corto, que no será facil apreciar, y abriendo despues el circuito la corriente dejará de llegar á París; si en este punto suponemos un medio cualquiera para indicar que la corriente pasa ó se interrumpe, la señal se producirá al mismo tiempo que se ejecute la operacion para producirla, y esta señal variada por distintos medios, servirá para trasmitir el pensamiento de una persona en Madrid á otra que se encuentre en París, en un tiempo tan corto como sería el que tardara la persona que recibe la señal en oirla, si estuviera en conversacion con la que se la trasmite: he aquí lo que es un *telégrafo eléctrico;* invencion prodijiosa, que pone en comunicacion instantánea á los hombres de todas las naciones, lo mismo al través de montes ó precipicios como de mares profundos:

aun cuando el siglo XIX no pudiera contar mas inventos que el telégrafo eléctrico, seria este suficiente para llamarle el siglo del gran descubrimiento. Empecemos á esplicar esta prodigiosa aplicacion, por el circuito que la corriente debe seguir. Los conductores se ponen al aire, subterráneos, ó sumergidos en el agua; vamos á ocuparnos primero de los aéreos.

1030. Alambre conductor. El conductor de la corriente puede ser alambre de hierro ó de cobre; comparemos los dos para ver por cuál está la ventaja: el alambre de cobre es mejor conductor que el de hierro, pues segun hemos dicho (957), la razon de sus conductibilidades es la de los números 91,5 á 15,5, ó sea de 5,9 á 1; supongamos que un alambre de hierro tiene 4 milímetros de diámetro; su seccion será de 12,57 milímetros cuadrados, y debiendo ser 5,9 veces menor la del cobre, habrá de tener 12,57:5,9=2,13 milímetros cuadrados; pero el diámetro correspondiente á esta seccion es 1,6 milímetros, luego para dar paso á la misma cantidad de fluido con igual intensidad que un alambre de hierro de 4 milímetros de diámetro, debe tener el de cobre $1^{mm},6$. Calculemos la resistencia de estos dos alambres: el hierro se rompe con 60 kil. por milímetro cuadrado (152), luego el propuesto necesitará $12,57\times60=754^k,2$; el cobre se rompe con 25 kil., luego el que nos ha resultado se romperá con $1,6\times25=40$; es decir que el de hierro puede resistir un esfuerzo 19 veces mayor que el de cobre: es grande por lo tanto la ventaja á favor del primero; comparemos los precios: segun los generales del mercado se puede contar que si el alambre de hierro vale 1, el de cobre vale 5,1; pero si el peso de la unidad de hierro es 7,207, el de la unidad de cobre (183) será 8,788, tomando en los dos casos el metal fundido, para que estén en iguales circunstancias, es decir, que si el hierro pesa 1 el cobre pesa 8,788: 7,207=1,219, y dividiendo por 5,9, resulta 0,207 el peso del alambre de cobre de la seccion necesaria, siendo 1 el del hierro; con este número resulta ya mas caro el cobre, pero en la práctica hay todavía mas diferencia: en efecto, 50 metros de alambre de hierro nos han dado un peso de $4^k,98$, que suponiendo sean 5 kil., da por kilómetro de alambre 100 kil.: igual estension de alambre de cobre, de la equivalente al hierro de 4 milímetros, pesa $1^k,14$, que da por kilómetro $22^k,8$, y como su precio es 5,1 veces mayor, resulta $22,8\times5,1=116,28$ el coste del kilómetro, siendo 100 el del hierro: vemos tambien la ventaja por el hierro: añádase á esto, que el cobre se rompe facilmente al hacer las uniones, y con los cambios de temperatura; que tendido, el esfuerzo para resistir á su mismo peso es una fraccion mucho mayor de su resistencia, que le está debilitando: todas estas razones hacen que en las líneas modernas se emplee solo el hierro, haciendo uso del cobre para casos particulares, pero en pequeñas cantidades: de otros metales tampoco se emplean por iguales razones. El grueso de los alambres de hierro que se usan generalmente, es el de 4 milímetros; en algunos casos para pequeñas distancias se emplea el de 3, y para muy largas el de 5: en España se ha empleado tambien el llamado del número 19, que tiene algo menos de los 3 milímetros. Siempre es alambre recocido ó *quemado* el que se emplea, porque es mas maleable aunque no tan resistente; solo se emplea alguna vez sin quemar en largas líneas rectas en que no hay ataduras. Para preservar de la oxidacion por el estado del aire y la humedad el alambre de hierro, se le hace la operacion impropiamente llamada de *galvanizarle*, que consiste en cubrirle con una capa de zinc; y para ha-

cer esta operacion se le sumerje primero en un baño de ácido sulfúrico diluido, que le limpia bien, y despues se le introduce en un baño de zinc fundido. Alguna vez se han pintado los alambres para preservarlos, pero no se ha obtenido buen resultado, porque la pintura se roza con facilidad.

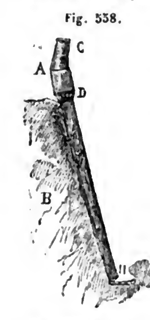
1031. Postes para sostener los alambres. Cuando el alambre ha de estar al aire, es necesario sostenerle á cierta altura del suelo, y el medio varía segun las circunstancias. En las poblaciones pueden dirigirse por encima de los tejados, y de este modo se encuentran mas seguros y no estorban; en tal caso se ponen soportes de madera ó hierro, que consisten en palomillas verticales ó pies derechos sujetos á los maderos de las armaduras ó cubiertas de las casas, y pueden estos soportes llevar unidas varias traviesas de madera ó hierro para sostener mas de un alambre, variando la forma del aparato segun las circunstancias locales; pero debe cuidarse de que estén sólidamente establecidos, para que el viento no los derribe. En algunos casos podrán tambien unirse á las paredes, en el interior ó esterior de los edificios, los soportes que han de sostener el alambre. En el campo, los apoyos son maderos colocados verticalmente; por lo general son de pino, como mas baratos y abundantes, á no ser en circunstancias muy particulares; los troncos se descortezan y limpian bien, y no se labran por razon de economía, escepto cuando deban estar muy á la vista, como en sitios públicos del interior de poblaciones. No se pueden fijar con exactitud las dimensiones de los maderos, pues varian acaso en cada uno; indicaremos los que han fijado en Francia como mínimo, en metros:

LARGO.	DIAMETRO A 1 METRO DEL ESTREMO INFERIOR.	DIAMETRO A LA PUNTA.
12	0,26	0,12
11	0,24	0,12
9,5	0,20	0,10
8	0,18	0,10
7,5	0,16	0,08
7	0,12	0,08

En los caminos de hierro, en que la vigilancia es mayor, se emplean de los mas cortos, y en los caminos ordinarios, de los medianos, poniendo los mas largos en los pasos de caminos ó en algun caso particular: tambien se escojen los mas gruesos para colocar en ellos los tensores, y para poner en los vértices de los ángulos del alambre cuando no va en línea recta, en cuyo caso es mayor la resistencia que tienen que hacer. Los postes mas convenientes son los de maderas inyectadas de una disolucion que lleve entre sus tejidos una sustancia insoluble, á propósito para evitar la putrefaccion y la polilla, desalojando la sávia, principal causa de la alteracion, y formando compuestos inalterables: varios son los medios que se han puesto en práctica para hacer estas inyecciones, pero el mas económico y facil

hasta el dia es el de Boucherie, que emplean en Francia en las Landas para las líneas telegráficas del Gobierno, y tambien en otros paises. Recien cortados los troncos, y sin descortezar, los llevan al establecimiento, y allí los quitan un pedazo de su pie, dándole la forma cónica, con el objeto de abrir los poros que puedan haberse obstruido con la resina; despues los adaptan en este estremo un tubo de plomo *A* (*fig.* 558) en forma de codo, que unen por medio de arcilla en la parte *D*, para que pueda retener el líquido que en ellos se coloca: los maderos así

Fig. 558.

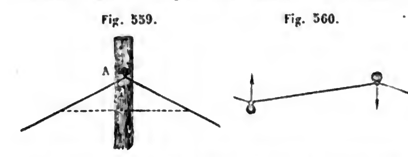


preparados se ponen punta abajo sobre una inclinacion del terreno *B*, haciendo que la parte *C* del tubo quede vertical, y se echa en él una disolucion saturada de sulfato de cobre, el cual baja por el interior del palo, desalojando los líquidos que contiene, que salen por la parte inferior, y marchan por un canal *H*; cuando el sulfato llega á la parte inferior, lo que se conoce por el color verdoso que toma la madera, se llevan á descortezar, y despues al depósito. Los maderos de 8 metros de largo por $0^m,18$ de diámetro en adelante, gastan $1^k,3$ á $1^k,5$ de sulfato de cobre; generalmente se cuenta $5\,^1/_2$ á 8 kil. de sulfato por metro cúbico, que es con corta diferencia la misma cantidad; por este método se tarda de 2 á 6 dias en inyectar cada poste, segun su longitud. Tambien se hace la inyeccion de otro modo mas pronto y de mejores resultados; cortado el poste por su base en plano, se coloca encima un anillo de goma elástica, y sobre éste, un disco de madera de encina ó de otra madera poco porosa; lateralmente se clavan al poste dos barras de hierro que sostienen una traviesa que comprime el disco por medio de tornillos en los estremos de las barras: estos discos tienen un agujero donde entra el remate en cobre de un tubo de guta-percha unido á otro tubo largo de plomo, colocado horizontalmente: de este tubo salen muchos como el que dejamos indicado, para unirse á diferentes postes, y á él viene á terminar otro que sale de un depósito colocado á 7 ú 8 metros de altura, en donde está el sulfato de cobre: dispuesta de este modo la operacion, el sulfato llega al tubo horizontal, y desde él se reparte por los de guta-percha á los diferentes postes, en los que penetra por la presion que produce la altura del depósito, y no se sale por impedirlo el anillo de goma; la inyeccion de los postes mas largos dura por este método lo mas tres dias. En donde estas operaciones no son faciles ó resulten caras, se debe emplear madera seca, y además es necesario preparar la parte inferior del poste, que ha de estar introducida en la tierra, con una ó mas manos de alquitran ó brea, y el resto que se encuentra al aire, debe tambien pintarse al óleo ó embrearle para evitar en lo posible las influencias atmosféricas.

1032. Colocacion de los postes. La distancia á que deben colocarse los postes suele variar segun las circunstancias locales, pero generalmente se ponen 20 por kilómetro en los caminos de hierro, y 16 á 17 en los demás casos, que equivale á 50 metros ó 60 varas de uno á otro en caminos de hierro, y 60 metros, término medio, ó 72 varas en caminos ordinarios, resultando por legua en los primeros 111 y en los segundos 92. Para colocarlos se hace un agujero en tierra, generalmente con una palanca terminada en punta en un estremo y en corte en el

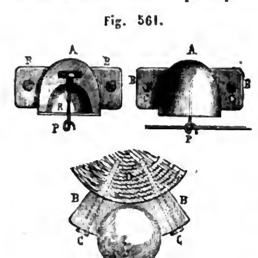
otro, dándole la profundidad proporcionada á la clase de terreno, pues si este fuera poco resistente se necesita mayor profundidad que cuando es duro, pero nunca se debe dar menos de 3 pies en los terrenos muy duros, y en general debe contarse de 1^m,5 á 2 metros de poste metido en tierra, ó sea 5 á 7 pies: en el agujero, que se habrá hecho removiendo la menor cantidad de tierra posible, se introduce el estremo del poste, ó como dicen los obreros la *coz*, y se apisona bien con una cuña de hierro, poniendo cantos si se puede entre la tierra que se apelmaza. Deben las perchas ser todas de la misma altura en lo posible; si no lo son resultará alguna mas alta entre dos mas bajas, y el alambre formará un ángulo mas ó menos grande en ella (*fig.* 559), y en este caso, la contraccion producida cuando baja la temperatura tenderá á acercar el alambre á la línea recta, y siendo grande esta fuerza de contraccion (366), el soporte *A* que sujeta el alambre á la percha, se romperá; el mismo efecto se produce en una percha mas corta que las dos mas inmediatas. Deben tambien ponerse en línea recta, porque si estuvieran, por ejemplo, como marca la *figura* 560, la contraccion del alambre, siendo una fuerza en direccion de las flechas (32, 4°), romperá los soportes ó hará inclinar las perchas: pero no siempre es posible llenar estas dos condiciones, sin embargo, teniéndolas presentes se harán los ángulos necesarios lo mas obtusos posible, y si alguna percha está en punto en que se pueda inclinar, se la pone una tornapunta, ó se la sujeta por el lado opuesto por medio de barras de hierro, ó con el mismo alambre de la línea, á un cuerpo resistente, que si no hay otro, puede ser una estaca clavada en tierra hasta bastante profundidad.

Fig. 559. Fig. 560.



1033. Soportes aisladores. Sistema francés. Establecidos los postes, hay que colocar en ellos el alambre; pero se concibe que será necesario ponerle perfectamente aislado, pues de lo contrario la corriente se perderá ó se debilitará demasiado para producir el efecto necesario; y aunque la madera es mal conductor, se marchará el fluido en el caso que el alambre la toque, cuando una lluvia ú otro fenómeno atmosférico la moje: por esta razon el alambre se pone sostenido en las perchas por medio de unos soportes que le aislen completamente en toda su estension. Estos *soportes aisladores* se hacen de muchas formas, siempre de arcilla cocida, de porcelana barnizada ó de cristal, y se sujetan á las perchas de varias maneras: vamos á examinar los diferentes sistemas de aisladores. El sistema llamado *francés*, que se emplea en toda Francia y en los telégrafos establecidos en los caminos de hierro en España (*fig.* 561), consiste en una pieza barnizada de porcelana *A*, redondeada por su parte superior, y con dos orejas *B* taladradas, que sirven para sujetar el aislador por medio de dos tornillos *C* á la

Fig. 561.

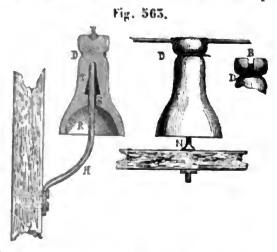


percha *D;* en la parte inferior hay formada una concavidad *R*, y en el centro de ella un pequeño agujero *S*, que despues se ensancha; un pedazo de alambre *P*, doblado en forma de anillo por uno de sus estremos y con una cabeza en el otro, se introduce por el agujero *S*, que no es circular, y permite la entrada de esta cabeza, en una posicion, pero dando despues un cuarto de vuelta, queda en la forma que marca la figura, y el alambre no puede salir; en esta forma se llena la capacidad *S* de azufre fundido, que despues de frio sujeta el alambre tan perfectamente que no sería fácil quitarle; el alambre que forma esta pieza suele ser algo mas grueso que el de la línea, el cual pasa por su anillo sin hacer mas que sostenerse, debiendo este anillo estar formado de modo que se pueda introducir el alambre de la línea sin hacerle entrar por la punta, pero que una vez entrado no pueda salir cuando está tendido; esto se consigue doblándole como indica la figura. Este soporte, que en España se llama *campanilla*, es muy bueno y aisla perfectamente, porque aun cuando se moje, el agua escurre sin penetrar en la cavidad *R*, y no forma comunicacion desde el alambre *P* por el agua á la percha; si esta cavidad no existiera, el agua, corriendo desde el borde hasta llegar á *P*, formaría comunicacion entre el alambre y la percha, y se perderia el fluido. Una modificacion propuesta en este sistema es (*fig.* 562) suprimir las orejas del soporte, y hacerle una canal *A*, en la que entra una pieza de hierro que por medio de dos tornillos se sujeta á la percha: tiene la ventaja de ser mayor la seguridad, porque las orejas de porcelana se rompen; de necesitar mas cortos los tornillos; y de poderse arreglar á la forma de la percha; pero es algo mas caro.

Fig. 562.

1034. Sistema prusiano. El aislador del sistema *prusiano* (*fig.* 563) es una pieza de arcilla barnizada, ó porcelana, que se sostiene por su parte inferior; además de la cavidad *R*, como en el francés, para que el agua no llegue al apoyo, tiene un taladro *S* circular, con algunos pequeños ensanches *T*, y en este taladro entra una espiga de hierro que se sujeta con el azufre fundido, el cual llena todo el hueco, y las partes *T* impiden el que se salga, como sería fácil si no existieran: la espiga de hierro sirve para sujetar el soporte, ya como se marca en *N*, ó ya como indica *H*, pudiendo tambien ponerse el *N* á la cabeza de una percha: el alambre de la línea pasa por una canal *B* formada en la parte superior del aislador, y se ata con un alambre delgado á una garganta *D*, lo que impide que el alambre se salga de la canal. Este sistema es el establecido en la línea telegráfica de Madrid á Irun.

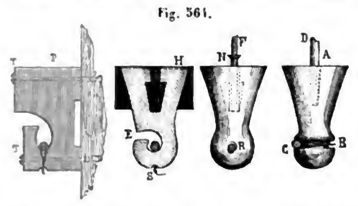
Fig. 563.



1035. Sistema inglés. El aislador del sistema *inglés A* (*fig.* 564) es de forma cónica, terminado en una parte esférica que lleva una canal *BC* ó dos opuestas que no le rodean; por una pasa el alambre de la línea, y por la otra pasan los alambres con que se ata el de la línea: generalmente son estos aisladores de vi-

drio, y al construirlos se introduce la espiga *D*, terminada en rosca, y queda perfectamente sujeta. Una modificacion de este sistema es el *N*, que suele ser de arcilla y se le fija la espiga *F* como hemos dicho en el sistema prusiano; un taladro *R* que atraviesa el aislador, da paso al alambre de la línea, que se sostiene sin necesidad de atar. Otra modificacion es el *H*, tambien de arcilla, que no es mas que el *N* con una canal *E*, para que el alambre entre á *R* sin introducirle por la punta; en este caso se ata el alambre, y para esto tiene el soporte una canal *S* en la parte inferior, que sujeta el alambre de atar: este mismo aislador modificado, da el *P*, que es plano por la parte posterior y se sujeta á la percha con dos tornillos *T*. En estos soportes suele ponerse una campana de hierro como se marca en *H*, para evitar que el agua moje el aislador y ponga el alambre de la línea en comunicacion con la percha.

Fig. 564.



1036. Otros aisladores. Se han inventado otros muchos aisladores, de los que es uno el de la *figura* 565, que es una pieza de arcilla en forma de dos conos unidos por su base y con una canal *A*, por la que se sujeta el aislador á la percha con una abrazadera de hierro *B*; un taladro en el eje de la pieza, da paso al alambre que forma la línea. Este mismo aislador suele hacerse tambien con una canal lateral; para introducir el alambre sin que haya que entrarle por la punta, y en tal caso queda semejante al de la *figura* 566, el cual es de distinta forma, pues los dos conos están unidos por una seccion cerca de su vértice; se sujetan lo mismo, y el alambre entra por la canal *C*. Tambien es semejante á este el de la *figura* 567: la forma esterior es próximamente cilíndrica, pero en el interior es la de dos conos unidos cerca de su vértice; un tornillo *D* que atraviesa el soporte, le sujeta por un lado; y una escarpia *H* que se introduce en la madera de la percha, le sujeta por otro lado: el alambre entra por la canal *S* al centro. El aislador (*figura* 568) puede emplearse de varios modos: colocado en la percha con una

Fig. 565 Fig. 566.

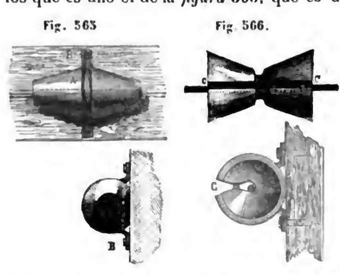


Fig. 567.

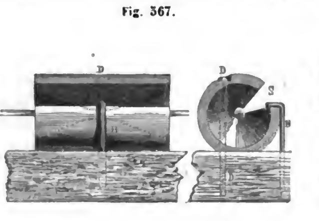
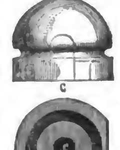


Fig. 568.

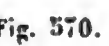


abrazadera en la canal *R*, será el de la *figura* 562, poniéndole el anillo de alambre en *C;* puesto sobre la base, ya horizontal ó ya verticalmente, sirve para atar el alambre de la línea en los estremos donde es necesario, sujetándole en tal caso por una espiga introducida en *C*. Los aisladores todos que hemos indicado desde la *figura* 569, se hacen de arcilla barnizada, lo mismo que otros muchos que omitimos por menos importantes, ó porque son los mismos que están esplicados, con alguna ligera modificacion.

Fig. 569.

1037. Poleas. Cuando es necesario sujetar los alambres ó darlos direccion en ángulos, se emplean poleas de porcelana, arcilla ó cristal, que se colocan en palomillas (*fig*. 569), ó con un tornillo en el centro unidas de plano á los muros ó á las perchas; pero si están al aire, es necesario cubrirlas para que el agua no establezca comunicacion del alambre á la percha: la cubierta es un pequeño toldo de chapa de hierro ú otra semejante. Estos aparatos son muy útiles en las líneas, y se aplican en muchos casos; además son de poco precio.

1038. Comparacion de los soportes. El alambre de la línea no debe sujetarse á los soportes aisladores, al menos de una manera permanente, porque si al contraerse con la disminucion de temperatura (*fig*. 570) produce en *A* dos fuerzas iguales y contrarias, será sin inconveniente, pero como esto


Fig. 570.



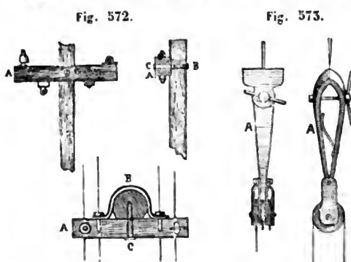
no sucederá por muchas razones, la fuerza mayor vencerá á la otra y torcerá la percha en su direccion, ó romperá el aislador. Segun esto, los aisladores del sistema prusiano y del inglés, en los que el alambre está atado, no son buenos, porque sin embargo de que la atadura se hace floja para que corra el alambre, puede no hacerse así en algun caso, y el aislador se romperá; es pues preferible en este concepto el francés. Además, en los aisladores cerrados, es decir, en los que se ha de meter de punta el alambre, como el de la *figura* 565 por ejemplo, no se pueden reponer si se rompen sin cortar el alambre, por esto son preferibles los abiertos, como el francés, ó el de la *figura* 566. Los aisladores del sistema inglés, que necesitan una cubierta para evitar que se mojen, como hemos dicho en *H* (*fig*. 564), son mas caros y se tarda mas en ponerlos. El sistema francés tampoco es perfecto, pues las orejas que sostiene el aislador se suelen romper, y necesitan tornillos largos; pero son fáciles de reponer, y cuestan poco. Estos inconvenientes los remedian los de las *figuras* 562 *y* 568, de modo que son muy buenos, y mas baratos que los prusianos y los ingleses. Sin embargo, no se puede decir que uno sea mejor que los demás en todos los casos, pues el prusiano es á propósito, lo mismo que otros de los que hemos esplicado, para colocarle al estremo de una percha ó en una traviesa de ella, y el francés no tiene esta ventaja; por lo tanto, en nuestro concepto, hablando en general, es mejor y mas barato el francés, sobre todo si se modifica como hemos dicho, pero sin que esto sea decir que no haya circunstancias particulares que hagan preferibles los otros, si no en toda una línea, por lo menos en alguna parte de ella.

1039. Colocacion de los aisladores. Los aisladores se colocan en los postes directamente, y cuando uno mismo ha de sostener varios alambres,

que es lo mas comun, se cuidará de que estén á la mayor distancia posible, porque de lo contrario, si los alambres se aflojan pueden tocarse, sobre todo si hace aire, y en tal caso, la corriente pasa de unos á otros. Para que los soportes se encuentren á mas distancia y la percha pueda ser algo mas baja, se ponen á los dos lados opuestos de ella, y encontrados (*fig.* 571); de este modo la distancia de los alambres que pasan por *A* y *B*, es mucho mayor que sería si el *B* estuviera entre *A* y *C*, ó si no, para conservar la distancia *AB* entre los alambres, se necesitaría una percha mas alta: cuando estas son bajas ó las circunstancias lo exijen, suelen ponerse en las perchas unas traviesas de madera ó *tes* (*fig.* 572), como *A*, sujetas con una abrazadera de hierro *B*, fijada con tornillos y otro *C* en el centro; encima de esta traviesa, ó debajo, se ponen los aisladores, y de este modo hay bastante distancia entre los alambres sin hacer muy larga la percha.

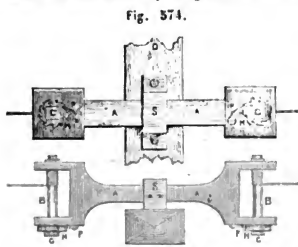
Fig. 571.

Fig. 572. Fig. 573.



1040. Colocacion de los alambres. Dispuestas las perchas con los aisladores, es necesario colocar los alambres. Lo primero para esto es enderezarlos, porque suele estar en rollos, y para conseguirlo se emplea un aparato (*fig.* 573), que consiste en dos tornillos ó llaves *A*, terminadas por un estremo en una trócula de tres poleas (53); entre estas poleas pasa una cuerda de bastante estension; el alambre se sujeta por un estremo y se agarra con la llave por el otro; la segunda llave agarra el estremo de otro alambre si se quieren estirar dos á un tiempo, ó se fija en un punto resistente, y tirando de la cuerda que pasa por las poleas, se produce una fuerte traccion que estira el alambre muy bien; esto se hace colocando en tierra el alambre al pie de las perchas, y despues se va subiendo hasta los aisladores y colgándole en ellos; si son de los sistemas en que es necesario atar, se va estirando y atando de una percha á otra, haciendo que resulte lo mas tirante que sea posible; si es el sistema francés ú otro en que no se ata, es necesario colocar aparatos para producir la tension del alambre, que no se hace mas que colgar en los aisladores.

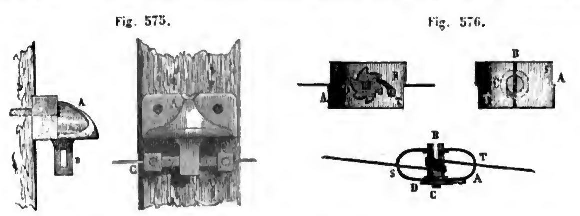
Fig. 574.



1041. Tensores. Los aparatos mas usados para producir la tension son de dos clases: uno sencillo, y se puede decir el mas usado en Francia y algunos paises, consiste (*fig.* 574) en una barra de hierro *A*, terminada en cada uno de sus estremos en dos brazos, entre los cuales hay un cilindro *B* en el que se

arrolla el alambre por medio de un manubrio que entra en el boton *C*, al que va unida una rueda dentada *H*, sostenida por un corchete *P*, que permite á la rueda girar en una direccion pero no en la contraria; este aparato se coloca en una de las perchas *D* unido á la pieza *S* aisladora, de porcelana ó arcilla, y mas generalmente fija en un aislador de porcelana *A* (*fig.* 575), que sostiene el *tensor C* en un anillo *B* donde entra una barrita de hierro que sostiene unidos con clavos ó tornillos los dos estremos del aparato; como son metálicos, sirven para que por ellos pase la

Fig. 575. Fig. 576.

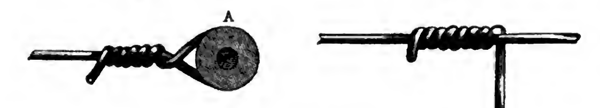


corriente, y no necesitan otra comunicacion los estremos del alambre; suelen llamar á estos aisladores *cabezas de muerto*, y están colocados, lo mismo en Francia que en España, á distancia de 1 kil., 3600 pies próximamente, que son menos de 6 por legua. Otro aparato tensor usado en Bélgica es el de la *figura* 576. Consiste en una plancha de hierro *A* doblada, pero sin unirse en *B*; un eje *C* atraviesa entre el espacio que resulta en la plancha, y está partido hasta su mitad con un canal de igual ancho que el *B*: en el lado opuesto de esta canal, y por la parte esterior, está unido el eje á la rueda dentada *D*, cuyos dientes enganchan en el corchete *R*, permitiendo al eje que gire en una sola direccion; encima de esta rueda sale una espiga cuadrada, que sirve para meter en ella el estremo de un manubrio; finalmente, la chapa está cortada hasta su mitad en los dos lados, pero en direccion opuesta; es decir, que tiene una abertura *S* y otra *T* desde cada uno de los bordes hasta la mitad. Este aparato sirve en cualquier sistema para dar tension á un trozo de alambre que está muy flojo; para ello, entre dos perchas se mete el aparato en el alambre, que entrará hasta medio del eje por *B*, poniendo el tensor vertical; despues se le da vuelta hasta colocarle en la posicion que marca la figura, y en tal caso el alambre entra por las dos canales *S* y *T*, hasta que tropieza en su fin; haciendo girar el eje por medio del manubrio, el alambre se arrolla en este eje, y se puede dar la tension que se quiera, pues el corchete *R* permitirá al eje arrollar el alambre, pero no desarrollarle. Es evidente que el aparato se deja en la línea, para lo cual está galvanizado, y no se oxida con la humedad; es un tensor que, bien construido, puede usarse en los sistemas que no llevan ninguno, pero se debe sin embargo procurar por otros medios que no sea necesario, pues además del coste y peso, puede facilmente romper el alambre.

1042. Nudos. Cuando hay que sujetar el estremo de un alambre al fin de una línea ó entrada de una estacion, se le dan dos ó tres vueltas en el aislador *A* (*fig.* 577), y despues se retuerce la punta, arrollándola en el alambre tendido. Si se ha de unir un alambre á otro de línea, por ejemplo para hacerle entrar en una estacion intermedia, se arrolla su estremo al que está tendido (*fi-*

gura 578), y el contacto se hace bien, que es en este caso lo necesario mas que la firmeza del nudo. Cuando hay que hacer empalmes en la línea, es necesario que

Fig. 577. Fig. 578.



el contacto esté bien establecido y que la union resista á todo el esfuerzo que la traccion y la diferencia de longitud del alambre con la temperatura puedan ejercer; siendo tambien necesario que se haga el empalme facilmente. De dos modos se hacen estos empalmes: el mas usado es (*fig.* 579) sobreponer los estremos del alambre y despues arrollar cada uno de estos estremos sobre el alambre contrario; este empalme se hace facilmente agarrando los dos alambres sobrepuestos, con una tenaza *A* (*fig.* 580), que tiene las hendiduras *B* para poder sujetar bien, y despues con la pieza *C* se arrolla el alambre, introduciendo su punta en los agujeros *S*, y sirviendo *C* de palanca. El otro empalme se hace sobreponiendo los estremos del alambre (*fig.* 581), y torciendo despues los dos juntos, para cuya operacion se emplean dos llaves ó tornillos como los de la *figura* 573, pero sin las tróculas; con una se sujetan los dos alambres por el estremo del uno, y con la otra se sujetan tambien los dos por el estremo del otro y se va retorciendo. Los dos empalmes son igualmente buenos y firmes, y muy fáciles de hacer.

Fig. 579.



Fig. 580.

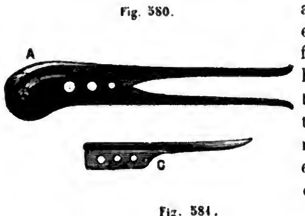
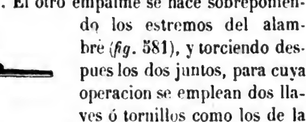


Fig. 581.



1043. Alambres aislados. En las entradas de las estaciones, cuando los alambres tienen que atravesar paredes ó estar en contacto de ellas, es necesario aislarlos, como tambien los que sirven en la misma estacion para poner unos aparatos en comunicacion con otros; los alambres, que son de cobre para estos usos, se aislan cubriéndolos de seda ó algodon, y de este modo se sujetan á las paredes, ó á unas tablas dispuestas al efecto, hasta que llegan á unirse con los de la línea en las ataduras estremas, donde se ponen bien en contacto los dos, quitando la cubierta del aislado. Para estos mismos usos, ó cuando hay que atravesar una arboleda, en que las ramas pueden poner el alambre en comunicacion con el suelo si no está aislado, ó tambien cuando ha de pasar por sitios muy húmedos, se le cubre de guta-percha, empleando para ello alambres de cobre de $1^{1}/_{2}$ milímetros de diámetro; en Francia estos alambres se venden término medio

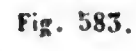
á 310 francos el kilómetro, ó 1196 varas próximamente, y tiene 16 kilógramos ó 35 libras de cobre y 35 kilógramos ó 76 libras de guta-percha. Deben usarse estos alambres en todos los casos en que por cualquier causa pueda establecerse comunicacion de la línea al suelo, y no sean los soportes aisladores, suficiente obstáculo para ello; pero como el precio es mayor, se debe economizar en los casos en que no sea necesario.

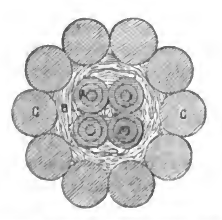
1044. Alambres subterráneos. En algunos paises, y en Prusia particularmente, se ha tratado de colocar alambres subterráneos para formar la línea, pero si á primera vista puede aparecer ventajoso este método, en la práctica no es asi, porque es necesario, no solo aislarlos perfectamente sino encerrarlos en tubos ó cajas para evitar que los topos y otros muchos animales destruyan la cubierta que los aisla, lo cual es dificil de hacer, y además la guta-percha se altera bajo de tierra y es necesario renovar pronto los conductores, por lo que resulta caro; pero en algunos casos puede ser ventajoso este método, como por ejemplo en el interior de las poblaciones, y por esto vamos á ocuparnos de él. Los alambres que se emplean están cubiertos de guta-percha (1043), y se colocan en el interior de tubos de barro ó plomo, ó se cubren de mortero ó ladrillo: se ha solido mezclar la guta-percha que cubre los alambres para este objeto, con una sustancia venenosa, arsénico por ejemplo, para preservarla de los topos y ratas que se la comen, pero como es facil preveer, esta sustancia envenenará á las ratas, pero no evitará el que se coman la cubierta y dejen los alambres de estar aislados; por esto, es necesario que la cubierta sea de tubos donde se preserven completamente los alambres. Se ha propuesto colocarlos en cajas de madera, formadas haciendo en un liston grueso una canal en que se colocan los alambres cubiertos de guta-percha, y además envueltos en estopa ó paños embreados, tapando con una tabla clavada ó atada, y todo embreado por el interior: este método debe ser caro, y solo aplicable en pequeñas estensiones. Erckmann ha inventado y construye cables compuestos de varios alambres, que dispone del modo siguiente (*fig.* 582): el centro *A* está formado con discos de carton ó pasta de paja, los cuales tienen en su circunferencia unas canales donde entran los alambres de cobre *B*, y el todo está cubierto con una capa de guta-percha *C*; estos cables tienen un número cualquiera de alambres, desde 4 á 12; y la figura representa la seccion en tamaño natural del de 12; como es moderno, solo se han hecho ensayos que han producido muy buenos resultados, y nos parece que reemplazará con ventaja á los alambres sueltos. Tambien pueden servir estos cables para submarinos. La tabla siguiente, formada por el mismo inventor, al que debemos los datos que de sus cables presentamos, contiene el precio y peso de estos; y se observa que calculando el coste de alambres sueltos segun el precio que hemos dado (1043), un cable de 4 alambres cuesta por kilómetro 144 francos mas que 4 alambres sueltos, pero ya de 5, cuesta el cable 100 francos menos, y la ventaja va siendo mayor cuanto mas grande es el número, llegando á 810 francos por kilómetro en el cable de 12 alambres.

Fig. 582.

NÚMERO DE ALAMBRES.	PESO DEL COBRE EN KILOGRAMOS.	PESO DE LA GUTA-PERCHA EN KILOGRAMOS.	PRECIO DEL KILÓMETRO DE CABLE EN FRANCOS.
4	64	120	1384
5	80	120	1450
6	96	140	1720
7	112	150	1860
8	128	180	2200
9	144	180	2270
10	160	200	2460
11	176	220	2700
12	192	240	2910

1045. Cables submarinos. Se han establecido alambres atravesando de un punto á otro por el interior del mar. El primer cable establecido fué entre Douvres, en Inglaterra, y el cabo Grinez, en Francia, cuya distancia es de 21 millas ó 7 leguas; este cable se estableció el 29 de agosto de 1850, pasando el primer despacho á las ocho de la noche del mismo dia, pero se destruyó al poco tiempo á causa del frotamiento contra las rocas de la costa, á pesar de estar forrado de plomo en este punto, siendo reemplazado con el que hoy existe, que se compone (*fig.* 583) de 4 alambres de cobre *A*, número 16, medida inglesa, con una doble cubierta de guta-percha; estos alambres reunidos están rodeados de una tela embreada *B*, la cual está cubierta con 10 alambres *C* de hierro galvanizado del número 10, que son los que resisten al frotamiento; su peso es próximamente 8 libras españolas por vara, ó 6 toneladas por kilómetro; fue construido por Brett en Inglaterra, y colocado en octubre de 1851; la figura representa este cable en corte en la parte superior, de tamaño natural, y visto de costado debajo, de la mitad del tamaño. Hoy dia existe otro entre Inglaterra é Irlanda que tiene 138 kilómetros, 1 solo alambre de cobre y 12 de hierro que le cubren; pesa solo 610 kilógramos por kilómetro, ó sea la décima parte del anterior; se puso el 1.° de junio de 1852 en 10 á 12 horas: otro entre Inglaterra y Bélgica, establecido en mayo de 1853, cuya longitud es de 70 millas, ó mas de 23 leguas; su peso 500 toneladas inglesas, su coste 33.000 libras esterlinas, y fue construido en 100 dias; existe otro entre Córcega y Spezzia, establecido en el verano de 1854: se estableció otro atravesando el mar Negro, entre Varna y el cabo Kaliakra, en 1855 para

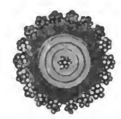

Fig. 583.

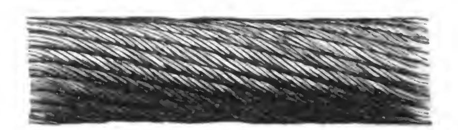




el servicio de los ejércitos aliados en la guerra contra Rusia. Se ha establecido otro entre Cagliari, en Cerdeña, y la costa de Bona, en Africa, cuya distancia es de 150 millas ó 50 leguas, colocado en agosto de 1856; pero habiendo faltado cable se suspendió la operacion hasta octubre, que se concluyó; con este cable se une la Francia al Africa por la Córcega y Cerdeña: finalmente el proyecto colosal de esta especie es el que en el dia se encuentra en ejecucion, y cuyo objeto es unir la Europa con la América: los puntos escojidos para estremos han sido *Valentia* , en la costa de Irlanda, y San Juan de Terranova, cuya distancia es de 1640 millas, 547 leguas españolas; siendo la profundidad mayor de $2^{1}/_{2}$ millas ó 16670 pies: de este modo se establece la comunicacion con los Estados-Unidos, puesto que desde 1856 se encuentra establecida con San Juan por un cable de 137 kilómetros, unas 25 leguas, sumergido en las aguas de San Lorenzo: el cable construido que representa la *figura* 584 de tamaño natural, es de un conductor, compuesto de 7 alambres retorcidos, de un diezmilímetro de diámetro,

Fig. 584.

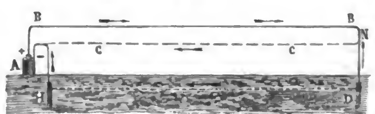




formando un cordon que está cubierto con 3 capas de guta-percha, y encima de estas capas tienen otra cubierta de estopas embreadas forrada de 18 cordones de 7 alambres cada uno; el grueso total del cable es algo menos de media pulgada inglesa, y su longitud de 2551 millas, 850 leguas, y ha sido fabricado por Glass y Eliot, de Greenwich, y por Newal de Birkenhead: el 31 de julio de 1857 empezó por Valentia la operacion de echar al mar el cable, y el 4 de agosto, cuando se habian andado 280 millas y estaban sumerjidas 380 de cable, se rompió este y no se pudo encontrar: la operacion está por tanto aplazada; se ha calculado que unidos los alambres de este cable por sus puntas, darian una longitud de poco menos que vez y media la distancia de la tierra á la luna.

1046. Circuito. Conocido ya el modo de colocar los alambres, estamos en el caso de esplicar cómo se forma el circuito por donde debe pasar la corriente. Supongamos una pila establecida en *A* (*fig.* 585): la corriente, saliendo por *B*, llegará á *N*, donde estará el aparato en que ha de producirse la señal, y despues tendrá que volver por otro alambre, *C* por ejemplo, al segundo polo de la pila; de manera que parece son dos los alambres necesarios para

Fig. 585.

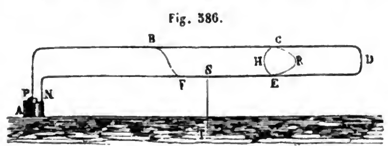


trasmitir la señal, pero Steinheil observó en 1837, que formando la tierra parte del circuito, el fluido pasa por ella como pasaria por un alambre; por lo tanto, supongamos quitado el alambre *C* y hagamos comunicar el *B* con la tierra en *D*, y el polo de

la pila tambien con la tierra en *H;* en tal caso el circuito estará cerrado, y la corriente saliendo de *A* pasará por *B* á *N*, donde hará la señal, y despues pasará á *D* y por la tierra llegará á *H* y al otro polo de la pila; siendo de notar que si se establece el alambre *C* del grueso y conductibilidad suficiente, y la comunicacion con la tierra, la corriente desde *N* volverá por ella y no por *C*. La causa de este fenómeno singular no está esplicada de una manera cierta, pero debe ser sin duda porque la tierra absorberá los dos fluidos positivo y negativo de la pila por encontrarse en ella fluidos contrarios, produciéndose el mismo efecto que si los dos fluidos se unieran, pues en un caso y en otro se puede decir que desaparecen del circuito, al menos separados: este interesante descubrimiento evita el poner dos alambres, y por lo tanto, mucha parte del gasto que ocasiona el establecimiento de una línea; de manera que para formar el circuito se hará comunicar un polo de la pila con la tierra por medio de una plancha de cobre *H* que deberá enterrarse bastante, y buscar en lo posible un sitio húmedo ó tener cuidado de humedecerle: del otro polo saldrá un alambre, que se establecerá en toda la distancia que separa los dos puntos que se han de comunicar, y cuando haya llegado al segundo donde no está la pila, esto es, al que recibe, comunicará el alambre con el aparato que ha de producir la señal, y de este pasará sin interrupcion á la tierra, comunicando con ella en *D* por otra *plancha de tierra* igual á la *H*, y en las mismas condiciones. Si hay establecida en la estacion una comunicacion con la tierra por cualquier medio, puede unirse el alambre á ella y no se necesita plancha: ejemplo son varias estaciones que tienen atado el *alambre de tierra* al tubo que conduce el gas á las lámparas de las habitaciones donde están establecidos los aparatos telegráficos. Se han hecho ensayos, que han dado buen resultado, para conseguir que un alambre sirva á la vez para dar paso á dos corrientes contrarias, ó lo que es lo mismo, para que una estacion comunique á otra al mismo tiempo que esta segunda está comunicando á la primera.

1047. Corrientes derivadas. Supongamos (*fig.* 586) un circuito formado *PDN* y una comunicacion entre *C* y *E;* la corriente al llegar á *C* se divide, y pasa una parte por *CDE* y otra por *CRE;* si los alambres *CRE* y *CDE* son del mismo metal y de igual longitud y grueso, la corriente se divide en dos partes iguales, y no llega á *D* mas que la mitad del fluido; si uno de los dos alambres es mas largo, se divide en razon de las longitudes; si mas grueso, en razon de las secciones, y si de cuerpos diferentes, en razon de su conductibilidad, combinándose estas circunstancias en el caso que haya mas de una distinta: si hay otras comunicaciones *CHE* y *BF* se reparte la corriente, pasando por cada una la cantidad que corresponde á sus condiciones; si hay una comunicacion *ST* con la tierra, la corriente pasará tambien á perderse en mas ó menos cantidad, segun las circunstancias de *ST;* todas estas corrientes, producidas por la principal en los conductores que unen dos puntos de un circuito, ó un punto con la tierra, se llaman *corrientes derivadas*. Supongamos que se trata de hacer llegar el fluido de la pila *A* al punto *D* para producir en este

Fig. 586.



una señal; si se forman corrientes derivadas de un alambre á otro, ó del alambre á la tierra, sobre todo cuando esta forma parte del circuito, pasará por *D* una corriente tanto mas débil, cuanto mayor sea el número de las derivadas y mas favorables las circunstancias de estas para el paso del fluido, pudiendo darse el caso de que no llegue á *D* la corriente, ó que llegue con tan poca intensidad que no baste á producir el efecto que se desea: esto hace ver la necesidad de que el circuito se encuentre perfectamente aislado en toda su estension, porque si el alambre comunica con la tierra por estar en contacto con cuerpos conductores, ó que aunque no lo sean pueden hacerse en circunstancias dadas, como los postes, los árboles y las paredes cuando se humedecen, se formarán corrientes derivadas que harán perder el fluido y no producirán las señales en el punto donde debe llegar, ó si no se pierde por completo, será necesario muy grandes pilas para que llegue en la cantidad necesaria. Puede observarse todo lo que dejamos dicho, colocando galvanómetros (980) que formen parte del circuito; la aguja se desviará mas ó menos, y hará ver la intensidad de las corrientes derivadas y de la principal, en todos los casos que se presenten.

1048. Pilas. Para producir la corriente pudiera emplearse una pila cualquiera, pero todas no son á propósito para un servicio continuado. Desde luego habrá que separar las pilas que no sean de corriente constante, al menos las de columna y Wollaston, porque las de artesa se emplean tambien; las de Bunsen no son á propósito por los gases que desprenden (951); y las de Grove son caras por el platino que contienen (952); quedan pues las de Daniell (950), que son las que mas se emplean porque se pueden preparar muy sencillamente, y porque duran muchos dias y á veces hasta 2 meses con solo añadir cristales de sulfato de cobre, y agua en verano por la que se evapora. Aunque no es fácil calcular el número de pares necesarios en una línea, se cuentan generalmente 30 para 100 kilómetros ó 20 leg., 50 para 200 ó 40 leg., y 70 para 400 ó sean 80 leguas próximamente; en líneas cortas, sin embargo, puede contarse 1 par por legua de longitud de alambre. Los ingleses usan las pilas que hemos llamado de arena (945), haciendo uso de las pequeñas, mas generalmente; estas pilas duran 6 y 8 meses en accion, sin mas que humedecer la arena con el agua acidulada cuando se seca; 12 pilas pequeñas de 12 pares, ó sea 144 pares, pueden bastar para 100 leguas: pero en este espacio hay naturalmente estaciones intermedias que necesitan sus pilas para comunicar unas con otras, y esto hace subir el número; por ejemplo, en el camino de hierro inglés del Sud-Este, que tiene 180 millas ó 60 leguas, el telégrafo emplea 2200 pares en pilas grandes y pequeñas: las pilas de arena son tambien las mejores para trasportar en los caminos, por no tener líquidos que se derramen. En España se usan en unas líneas las de Daniell y en otras las de arena.

1049. Aparatos telegráficos. Establecida la línea y vistas las condiciones que ha de llenar, ocupémonos de los aparatos necesarios para las comunicaciones. Desde luego se concibe que estos aparatos han de ser de dos clases, unos destinados á trasmitir las señales, y otros á recibirlas; y en efecto, en todos los sistemas hay que distinguir el aparato de trasmision, que llamaremos *manipulador*, del aparato de recepcion ó sea del *receptor;* pero los sistemas son

varios, y en ellos muchas las modificaciones; vamos á dar á conocer todo lo mas importante en cada uno de estos sistemas.

1050. Sistema francés ó de Breguet. Receptor. Empecemos en este sistema por el aparato receptor, y así comprenderemos las condiciones que ha de llenar el manipulador. Supongamos una rueda dentada *A* (*fig.* 587) y una áncora *B* en el estremo de la palanca *C*, fija en el punto *D;* esta palanca tiene en su parte inferior una plancha de hierro *H* enfrente de dos carretes que forman un electro-iman *L;* un resorte *S* tira de la palanca *C* por la parte opuesta del electro-iman: supongamos que se hace entrar la corriente por el alambre *M* de este electro-iman, que deberá hacer parte del circuito; en tal caso saldrá la corriente por *N* y se forma en *L* un iman que atrae la plancha *H*, y el áncora *B*, escurriendo sobre un diente *O* de la rueda *A*, la hace girar hasta que tropieza en el diente inmediato; si en seguida cesa la corriente, el iman pierde su accion, y el resorte *S*, tirando de la palanca *C*, hace que el áncora enganche por el otro lado el diente *R*, y escurriendo en él, gira la rueda hasta que el áncora tropieza con el diente inmediato *T;* si entra de nuevo la corriente es atraida la plancha *H*, vuelve á enganchar el áncora otro diente, y la rueda gira una cantidad igual al espacio entre dos dientes, y si otra vez se rompe el circuito, gira la rueda una nueva cantidad igual á las anteriores. Supongamos ahora que el aparato colocado dentro de una caja (*fig.* 588) tiene en el eje *E*, que es el *P* de la figura anterior, unido á la rueda *A* que supondremos de 8 dientes, una aguja fija y que por tanto gira con la rueda; como esta en una vuelta entera habrá recorrido los 8 dientes, la aguja habrá tomado 8 posiciones diferentes, correspondiendo una á cada movimiento de la rueda; pero estas posiciones se confundirán unas con otras siendo opuestas, y para distinguirlas, cada mitad de la aguja está pintada de diferente color; así se forman 8 señales distintas. Colocando dos aparatos dentro de la misma caja se tendrán dos agujas *E* y *F*, y combinadas sus 8 posiciones con respecto á la línea *FE* marcada en la caja, darán 64 combinaciones, que serán otros tantos signos distintos. Este es el primer aparato telegráfico que ha usado y usa todavía el Gobierno en Francia, pero con una modificacion que consiste en añadir un movimiento de relojería para hacer girar á la rueda *A* (*fig.* 587), y en tal caso el áncora sirve para detener el movimiento, pues cuando el iman atrae á *H*, el áncora suelta el diente en la parte *R* y la rueda gira hasta que se engancha el *O*, y cuando el iman pierde su atraccion, el áncora suelta el diente *O* y la rueda gira hasta que se engancha en el áncora con el diente *T:* este aparato es mas complicado, y no funciona por eso mejor que cuando los dientes de la rueda están dispuestos, como al principio hemos dicho, para que los del áncora la

Fig. 587.

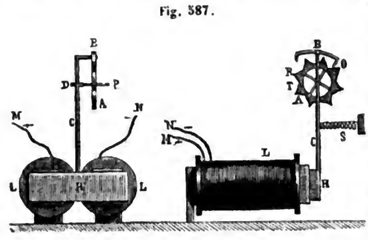
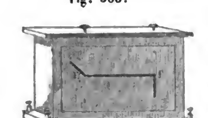


Fig. 588.



hagan girar. Si en lugar de ser 8 las posiciones que marca la aguja son 28, para lo cual no hay mas que hacer á la rueda 28 dientes, y se pone sobre la caja un disco *A* (*fig*. 589) sobre el que se encuentran escritas las letras del alfabeto y algun otro signo que pueda ser necesario, la aguja *B* en sus 28 posiciones, marcará las diferentes letras, y la comunicacion se hará marcando las de cada palabra que se quiera trasmitir. De la misma manera se podrá hacer uniendo al eje de la rueda que gira, en lugar de una aguja, un disco de cartulina que esté dentro de la caja, á la cual en este caso se la hace una ventanita en donde se van presentando las diferentes letras en las varias posiciones que toma el disco (*fig*. 590). En todos estos receptores hay un boton en la parte superior, que comprimido mueve una palanca dispuesta de diferentes maneras, que une la pieza *E* al electro-iman, produciéndose en tal caso el mismo efecto que cuando entra la corriente; este boton sirve para que el receptor al empezar la comunicacion marque el primer signo, y vaya de acuerdo con el manipulador de la otra estacion, pues si no estuviera asi dispuesto sería imposible entenderse. El signo que deben marcar los receptores de letras cuando empieza la comunicacion es una cruz colocada antes de la primera letra, y este signo marca tambien el final de cada palabra. En las primeras casillas de las letras se ponen tambien los diez números de 1 á 0, y cuando hay que marcar cantidades, se hace primero una señal convenida, por ejemplo, se señala dos veces la cruz, y ya se sabe que ha de leerse número y no letra. La *figura* 591 representa completo el aparato que acabamos de describir. En su posicion natural, el áncora *B* engancha el diente *V* en la rueda dentada *A*; la corriente entra por *M* al electro-iman *L* saliendo por *N*; y en tal caso atrae la pieza *H*, que por medio de la varilla *X* mueve el áncora *B* y la hace enganchar con su diente *Z* uno de la rueda *A*, sobre el que resbala, y hace que la rueda gire el espacio de este diente, moviéndose la aguja en *P*, que marca una letra en el cuadrante pintado debajo de ella;

Fig. 589. Fig. 590.

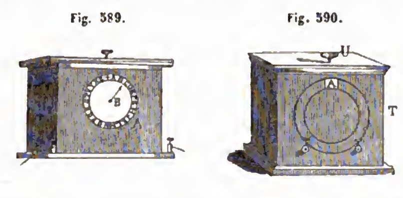
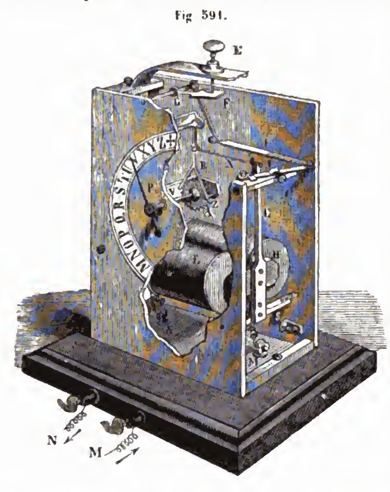


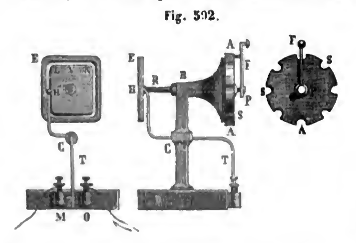
Fig. 591.



cuando deja de pasar la corriente el electro-iman no atrae á *H*, que cediendo á la fuerza del resorte *S* vuelve á tomar su primera posicion, y el diente *V* engancha otro de la rueda *A*, escurriendo sobre él y haciéndola girar otro espacio, con lo que la aguja en *P* marcará la letra inmediata; de este modo, cada vez que se abre ó cierra el circuito, la aguja marca una letra distinta. Cuando hay que mover la aguja para ponerla de modo que marche acorde con el manipulador, se comprime el boton *E*, que hace bajar la pieza *F*, y esta mueve la varilla *G*, que tira de *I* por el intermedio de otra varilla; pero la *I* tira del estremo de la *J*, la cual comprime la *C* y se produce el mismo efecto que cuando entra la corriente, y el electro-iman atrae á *H*, marcando por tanto la aguja una letra distinta; cuando se deja de comprimir *E* vuelve *C* á su posicion, y la aguja marca otra letra; asi se la pone marcando el punto que se quiera que señale. Todo el aparato se encuentra cerrado en una caja, que la figura representa rota para que puedan verse los detalles de este receptor.

1051. Manipulador. En los receptores que acabamos de esplicar se ha visto, que para producir un signo diferente es necesario cerrar el circuito cuando está abierto, y abrirle cuando está cerrado; por lo tanto, el manipulador debe estar dispuesto de manera que forme parte de este circuito, y le pueda fácilmente romper ó cerrar tantas veces como sea necesario: veamos cómo llena estas condiciones el manipulador empleado en los telégrafos de aguja (*fig.* 587) que usa el gobierno francés. Se compone este manipulador (*fig.* 592) de un soporte ó pie *ABCD*, que tiene delante un disco *A* con 8 hendiduras *S* á igual distancia en su circunferencia; en el centro de este disco está sujeto un manubrio *F* con un pequeño saliente, que se hace entrar en las diferentes hendiduras *S*, para lo cual está dispuesto el boton *P* de modo que se pueda alzar el manubrio; este, al tiempo de girar, hace que gire tambien un eje *R* que atraviesa el soporte, y termina en un disco *E* cuadrado, con una canal *HLN* cerca de su borde; en esta canal entra el estremo de una palanca doblemente encorvada *HCT*, que atraviesa el soporte en *C*, donde puede moverse, y termina entre dos piezas que están unidas al pie del soporte; una de ellas, la *M*, es metálica, pero está aislada del pie: á esta pieza está unido el alambre del circuito, y á la *O* que forma parte del aparato, que es metálico, está unido tambien el alambre, de modo que haciendo que *M* comunique con *O* está cerrado el circuito, y si no comunica, está roto. Suponiendo el aparato como le representa la figura, la corriente entra por *O* al aparato, y por la palanca *CT* metálica, que toca á *M*, pasa á la línea y está cerrado el circuito, de modo que la aguja del receptor marca la señal correspondiente, por ejemplo, está vertical; hagamos mover el manubrio á la primera hendidura de la derecha, y en tal caso, como el eje *R* ha girado, el disco *E* habrá dado, como el *A*, un octavo de vuelta, y por lo tanto el estremo de la palanca estará en el punto *L*, que ha pasado á donde estaba *H*; y como la distancia de *L* al centro es mayor que la

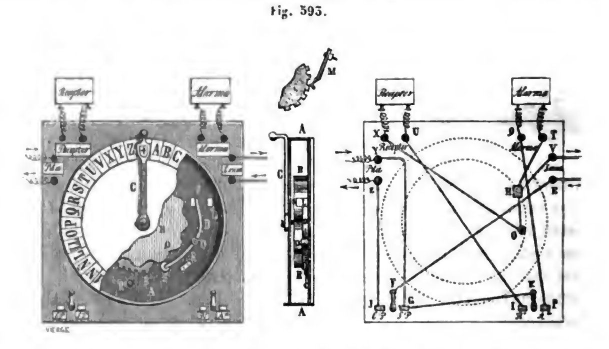
Fig. 592.



de *H* al mismo centro, la palanca *HCT* se ha movido á la derecha por *T* y á la izquierda por *H*, de modo que no tocará á la pieza *M* y el circuito está abierto, marcando el receptor la señal correspondiente, que será una posicion igual á la del manubrio; hagamos á este que llegue á la hendidura siguiente, que será tomar la posicion horizontal, y en tal caso el estremo de la palanca se encontrará en *V*, que habrá pasado á *H*, y este estremo se habrá acercado al centro, por cuya razon *T* se habrá movido á la izquierda y tocará la pieza *M*, cerrando el circuito, y la corriente hará marcar al receptor la señal correspondiente, que será ponerse horizontal; de este modo continuará abriéndose y cerrándose el circuito, y la aguja marcará todas las posiciones que puede marcar: pero como es necesario que se distinga de las demás la que se ha de leer, se hará una pausa en ella con el manipulador: si el aparato es doble, ó como hemos dicho antes, de dos agujas, necesitará otro manipulador igual, que se moverá con la mano izquierda y hará producir los signos convenidos para la segunda aguja del receptor. En los telégrafos de alfabeto ó de *cuadrante* hemos visto que la única diferencia de los de aguja, consiste en que para una vuelta de la rueda hay que abrir y cerrar mas veces el circuito, por lo tanto, se concibe que si el disco *E* del manipulador que acabamos de esplicar tuviera otra forma, para que la palanca *HCT* tocara á *M* todas las veces que fuera necesario en una vuelta entera del manubrio, el receptor marcaria las diferentes letras como ha marcado las posiciones de la aguja: pero no es sin embargo esta la forma de los manipuladores, aunque el principio es igual; vamos á examinar esta nueva forma para los receptores de alfabeto.

1052. Manipulador de cuadrante. Este manipulador se compone de una caja *A* (*fig.* 593), en cuyo centro hay una rueda *B* ondeada en su circunferencia, y que gira sobre su centro movida por el manubrio *C*, colocado en el

Fig. 593.



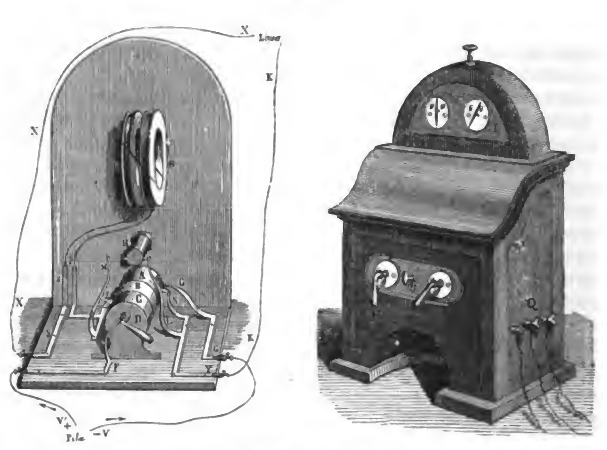
esterior; la palanca metálica *D*, que tiene su punto fijo en *O*, apoya por uno de sus estremos en la circunferencia de la rueda *B* por medio de otra pequeña rueda *S*, y el otro estremo está entre dos piezas, la *L* de marfil y la *H* metálica, á la que va unido el alambre conductor; además, un pequeño muelle *R* mantiene la rueda *S* en contacto con la *B*: en la posicion que marca la figura, la corriente que llega

por *O* pasa por *H* á la línea, y el circuito está cerrado, en cuyo caso el receptor debe marcar la cruz; si se hace pasar el manubrio *C* á la letra *A*, la rueda *B* gira, y pasa á la parte entrante *Q* el estremo *S* de la palanca *D*, que se mueve impelida por el resorte *R*, dejando de tocar á *H*, de modo que el circuito se rompe y el receptor marca el signo siguiente al que marcaba, que será la letra *A*; si el manubrio pasa á la letra *B*, la rueda *S* vuelve á encontrarse con una parte saliente de *B*, y la palanca *D* toca á *H* cerrando de nuevo el circuito, por cuya razon el receptor marca el signo siguiente, que será la letra *B*; de igual manera se marcarán todas las demás, indicando cuál debe leerse en el receptor haciendo sobre ella una pausa como hemos dicho en el manipulador antes esplicado: es evidente que para marcar en el receptor todas las letras, la rueda *B* ha de tener tantas partes salientes como sea la mitad de signos que se deben comunicar, puesto que cuando *S* está en una parte saliente marca uno, y cuando pasa á la entrante inmediata marca otro siguiente. Este manipulador puede variar tambien en los detalles de su construccion; suele hacerse á veces la rueda *B* dentada como la *N*, atando á ella el alambre, y se coloca al lado una pieza metálica *M* unida al otro estremo del alambre que forma el circuito; cuando la rueda *N* gira, si un diente toca á la pieza *M* la corriente se establece y el receptor marca un signo, y cuando la pieza *M* se encuentra frente al espacio formado por dos dientes, el circuito está roto y el receptor marca otro signo distinto. En todos estos aparatos, el manubrio debe girar siempre en una misma direccion, porque si por ejemplo el manubrio *C* pasa á marcar la *Z*, se abre el circuito lo mismo que cuando marca la *A*, y el receptor señalará en los dos casos esta última letra; por lo tanto si el manubrio gira á la izquierda no marcharán acordes el manipulador y el receptor: en los aparatos se emplea un medio muy sencillo para que no pueda girar mas que á la derecha, y consiste en añadir debajo de la rueda *B* otra con unos pequeños dientes, y poner una lengüeta que permita girar á esta rueda, y por lo tanto á la *B*, siempre á la derecha pero no en sentido contrario: parte de esta rueda, que se hallaria debajo de *S*, está marcada en *B'* y la lengüeta en *R'*.

1053. Sistema inglés. El telégrafo inglés, llamado tambien de Wheatstone, aunque no es solo este el inventor, reune en un mismo aparato el receptor y el manipulador. La *figura* 594, á la izquierda, representa este aparato, y la misma á la derecha, representa la caja en donde está colocado. Se compone de un cilindro *ABCD* que puede moverse sobre su eje por medio de un manubrio en *D*, que sale á la parte esterior de la caja; este cilindro tiene las partes *A* y *CD* metálicas, incomunicadas por la *B*, que es de marfil; una pieza metálica *F* toca á la parte *D* de este cilindro, y otra pieza igual *G* toca á la otra parte *A*; encima de esta parte del aparato hay otro cilindro *H*, con dos dientes en un estremo, que pueden tocar á dos lengüetas *L* y *M*, y que está unido invariablemente á la caja por el otro estremo; en comunicacion con las lengüetas metálicas *L* y *M* hay otras dos, una la *N* y otra en el lado opuesto, que no puede verse en la figura, las cuales tocarán, segun la posicion del cilindro *ABCD*, á un diente *O* metálico que lleva la parte *A*; además la pieza *M* y la que está oculta se encuentran en comunicacion con uno de los estremos del alambre de un galvanómetro *R* (980), estando el otro estremo unido á la barra *S* que comunica con la línea: una de las agujas del galvanómetro es la *T*, que sale al esterior de la caja; tiene tambien el cilindro en su parte *C*,

otro diente *Z* metálico en el mismo plano en que se encuentran las lengüetas *L* y *M*. La posicion natural del aparato es: el manubrio vertical como el *E*; el cilindro *ABCD* con el diente *O* sin tocar en la parte inferior á ninguna de las piezas *N*; y su correspondiente, y el diente *Z* en la parte superior, tambien sin tocar á las piezas *L* y *M*,

Fig. 594.

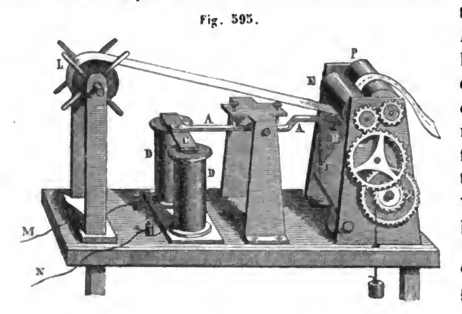


las cuales estarán tocando á los dientes del cilindro *H*; los polos de la pila están unidos á las dos piezas *F* y *G*, que tocan siempre al cilindro *ABCD*, y los alambres de la línea á *S*, estremo del galvanómetro, y á la pieza *Y*: veamos primero de qué manera funciona este aparato como receptor. En la posicion natural, supongamos que la corriente viene por *X*; en este caso pasa por *S* al galvanómetro, del cual sale por *P* y *M*, atraviesa *H* y por *L*, *Y*, *K* vuelve otra vez á la línea; al pasar por el galvanómetro, las agujas se desvian, y la *T*, que está al esterior, se inclina por ejemplo á la izquierda, tomando la posicion *T*: supongamos ahora que la corriente viene por *K*; en este caso sigue el camino inverso de antes, es decir, por *YLHMP* al galvanómetro para salir por *S* y *X* á la línea; pero la corriente ha entrado en el galvanómetro en direccion contraria, y si la aguja se movió antes á la izquierda, lo hará ahora á la derecha, tomando la posicion *I* (976); estos movimientos á un lado ó al otro, repetidos varias veces, producen los diferentes signos: vemos que para esto es necesario cambiar la direccion de la corriente, es decir, que una vez entre por *S* y salga por *Y*, y otra vez sea al contrario, que entre por *Y* saliendo por *S*. Examinemos ahora el aparato como manipulador: tomando en la mano el manubrio *D*, se mueve á un lado, por ejemplo á la derecha como se marca en *D*; la pieza *O* toca á la *N*, y la *Z* separa la *M* para que no toque el cilindro *H*, tomando entonces el aparato la posicion que representa la figura; en tal caso, saliendo la corriente de *V'*, pasa por *FDCZMP* al galvanómetro *R*, donde hará mover la aguja como se debe mover en la otra esta-

cion; desde *R* sale por *S*, y siguiendo la línea *X* llega al aparato de la otra estacion, que estará dispuesto como receptor, en el que producirá el efecto que antes hemos dicho, y moverá la aguja lo mismo que se ha movido la *T*; de esta estacion vuelve á la línea por *K* á *Y*, siguiendo por *NOG* al otro polo *V* de la pila. Supongamos ahora que se mueve el manubrio hácia la derecha tomando la posicion *J*, en este caso, el diente *O* toca á la pieza oculta semejante á la *N*, y el diente *Z* separa la pieza *L* del cilindro *H*; volviendo á tocarle la *M*; la corriente, que sale como antes de *V'*, pasa por *FDCZLYK* á la línea, y como vemos, llega á la otra estacion en direccion contraria que antes, por cuya razon la aguja se mueve al lado contrario como la *I*; desde aquí vuelve por *X* á *S*, pasando al galvanómetro *R*, donde mueve la aguja como en la otra estacion, puesto que tambien en esta entra en direccion contraria á la de antes, y despues pasa por *P*, y la pieza oculta, al diente *O* y á *G*, y vuelve al otro polo *V* de la pila. Puede ponerse en comunicacion *P* con *S*, y entonces la corriente no pasará por el galvanómetro *R*, pero esto se hará solo en el caso de que un accidente cualquiera inutilice el galvanómetro, porque si comunican *P* y *S*, la corriente que viene de la otra estacion no producirá señal. Suelen ponerse dos aparatos en la misma caja, y mover los manubrios con las dos manos, combinándose las diferentes posiciones de las dos agujas para indicar distintos signos; en este caso se llaman los aparatos de doble aguja, y la caja que representa la figura es de este género: de los tres botones que se ven en *Q*, son dos el de *Y* y *G*, el tercero pasa al aparato de la segunda aguja, que con uno de los otros dos forma los *S* y *F*: son 6 los botones, porque *G* pasa tambien al otro aparato: en *U* hay un boton para mover una pieza que pone en comunicacion *P* y *S* para que no entre la corriente en el galvanómetro: el boton de la parte superior, es solo para sostener la cubierta de la caja. Este sistema es el generalmente empleado en Inglaterra, y el adoptado en la línea de Madrid á Irun.

1054. Sistema americano. Receptor. En este telégrafo, debido á Morse, y llamado tambien telégrafo *escritor*, está separado el receptor del manipulador. Se compone el receptor (*fig*. 595) de una palanca *A*, que tiene en uno de sus estremos la pieza de hierro *C* sobre el electro-iman *D*, y en el otro un estilete *B* de acero; el resorte *F* mantiene baja la palanca *A* por la parte *B*; encima del estilete hay dos cilindros, el uno metálico *P* y el otro forrado con goma elástica, los cuales se mueven en sentido inverso por un sencillo mecanismo de relojería que marcha á impulsos de la gravedad obrando sobre una pesa, ó por la elasticidad de un muelle; entre estos dos cilindros pasa á frotamiento una tira de papel que se encuentra arrollada en otro cilindro *L*. Supongamos que se recibe señal de

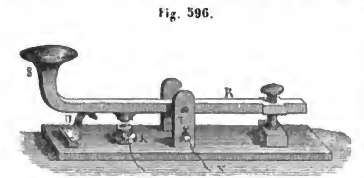
Fig. 595.



que va á hacerse una comunicacion; quitando el corchete *O* se ponen los cilindros en movimiento, la corriente llega por el alambre *M* ó el *N* y sale por el otro, el iman *D* atrae la pieza *C* y el estilete toca al papel, produciendo un punto ó una línea, segun la corriente entre por mas ó menos tiempo; pero cesa esta, y en tal caso el resorte *F* tira la palanca hácia abajo y no toca el estilete al papel, de modo que en él quedarán marcados puntos ó líneas mas ó menos largas, que formarán las señales convenidas. Suele ponerse el cilindro *L* fuera del aparato, y es en tal caso un eje sobre el que se arrolla una larga tira de papel, sostenida por dos discos ó unas barritas cruzadas que tiene el eje en sus estremos.

1055. Manipulador. Está formado este manipulador (*fig.* 596) de una palanca de metal *RS*, sostenida en *T* por un soporte metálico al que va á parar uno de los alambres de la pila; en *K* hay una pieza tambien metálica á la que puede tocar la palanca cuando sea necesario; esta pieza *K* lleva un alambre que va unido al electro-iman *N* del receptor, y pasando por *M* sale á la línea. Supongamos que ha de trasmitirse un signo: apoyando la mano en *S*, baja la palanca que estaba elevada por el muelle *U* y toca en la pieza *K*, de modo que la corriente pasa por *XTK* al electro-iman del receptor, saliendo desde aquí á la línea; pero si se deja de apoyar en *S*, la palanca se eleva y el circuito se rompe en *K*; es evidente que si se tiene mas ó menos tiempo cerrado el circuito, esto es, apoyada la mano en *S*, el trazo marcado por *B* (*fig.* 595) será largo; pero si solo se apoya un momento, no marcará *B* mas que un punto, siendo además muy fácil marcar las divisiones de letras y palabras por medio de distancias entre los signos, que serán mayores cuando el circuito esté abierto mas tiempo. Este telégrafo es muy usado, y se va generalizando en todas las naciones; España le tiene establecido en varias líneas.

Fig. 596.



1056. Comparacion de los sistemas. Los tres sistemas que hemos indicado, admiten, como es fácil pensar, muchas modificaciones en sus detalles, pero las que se han hecho no han variado el principio en general. El telégrafo de cuadrante puede manipularse por una persona cualquiera, pues se reduce á marcar letras, teniendo además la ventaja de no necesitar mas que una señal para trasmitir cada una de ellas, pudiendo hacerse las comunicaciones secretas con arreglo á una clave particular, como las escrituras en cifra. El telégrafo inglés comunica con rapidez, pero necesita varios signos para cada letra, pues aunque sean de doble aguja no podrian marcar mas que cuatro signos distintos con un solo movimiento; además, las oscilaciones de la aguja suelen ser causa de errores, y no puede manipularle sino la persona que está enterada de los signos convenidos. El telégrafo americano deja escrito el despacho, y por tanto no da lugar á errores, pero necesita, como el inglés, mas de un signo para cada letra, y es el mas lento para la trasmision. Todos, sin embargo, están adoptados en grandes líneas y producen los mejores resultados.

1057. Aparatos de alarma. Entre los aparatos particulares que acom-

pañan á los telégrafos, es uno el de *alarma* ó *sonería*, que sirve para hacer sonar una campanilla y advertir al encargado que se va á trasmitir un despacho; sin este aparato sería necesario que en cada estacion se estuviera mirando siempre al receptor para ver cuándo habia trasmision de signos. Son varios los aparatos inventados, pero indicaremos los mas en uso. El aparato mas sencillo consiste en una caja (*fig.* 597), que contiene un electro-iman *A*, y frente de él una pieza de hierro *B*, que sirve de mango al martillo *C* unido en *D* á un soporte que le permite moverse con facilidad; delante del martillo está el timbre *E*: supongamos

Fig. 597.

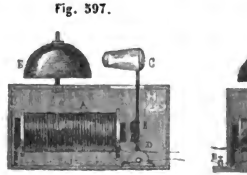
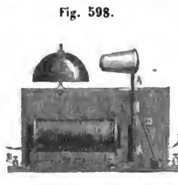
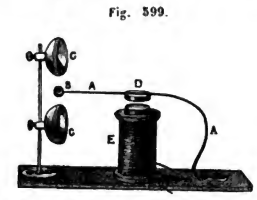


Fig. 598.



que entra la corriente al electro-iman por un estremo de su alambre, saliendo por el otro; en tal caso, el iman atrae la pieza *B*, y el martillo pega un golpe en el timbre; interrumpida la corriente vuelve este á su posicion por la fuerza de un resorte colocado de cualquier modo para este efecto, generalmente en el pie, pero que suponemos en *H* para que sea visible, y cuando de nuevo se cierra el circuito, dará otro golpe. Puede disponerse el aparato anterior de otra manera para que produzca un repique mientras está entrando la corriente (*fig.* 598): la palanca *A*, que lleva el martillo, está sostenida por un muelle *B* que la mantiene separada del electro-iman, y tocando á la pieza metálica *D* unida á un alambre de la línea; un estremo del alambre que forma el electro-iman está unido á la línea, y el otro á la palanca *A* del martillo: entrando la corriente por *D*, pasa por *A* y *B* saliendo por *E*; en este caso el electro-iman atrae la palanca *A*, y el martillo pega un golpe en el timbre; pero al mismo tiempo deja de haber contacto entre *A* y *D*, y se rompe el circuito, de modo que el electro-iman no atrae á la palanca *A*; entonces el muelle *B* la hace volver á tocar á *D*, y está de nuevo el circuito cerrado; el electro-iman atrae otra vez y se repite lo dicho; este aparato, que está produciendo una porcion de

Fig. 599.



golpes en el timbre en muy poco tiempo, es el que llaman los franceses *trembleur*. Se ha propuesto otro aparato representado en la *figura* 599; una banda delgada de acero *A*, muy flexible, está fija en un estremo, y lleva en el otro una esferilla metálica *B* que sirve de martillo entre dos timbres *C*: tiene tambien una pieza de hierro *D* colocada encima de un electro-iman *E*; cuando entra la corriente en este electro-iman, la pieza *D* es atraida y el martillo *B* pega en el timbre de abajo, pero despues que cesa la corriente, la flexibilidad de *A* produce oscilaciones en *B*, que le hacen chocar varias veces en los dos timbres, y se forma un repique. Los aparatos empleados generalmente, están dispuestos de manera que se produzca repique bastante fuerte cuando entra la corriente: de esta especie es el aparato (*fig.* 600), que consiste en una palanca *A* que engancha en el diente *B* de un

piñon ó rueda *C*, que está unida á un mecanismo de reló no marcado en la figura, el cual la hace girar cuando no está enganchada; esta rueda *C*, hace mover por medio de un piñon *D* otra rueda que tampoco se ha figurado, y á cuyo eje está unida la *E* dentada y enganchando el áncora *H*, fija al estremo de una palanca suspendida en *P*, que tiene en el otro estremo el doble martillo *R* colocado dentro del timbre *S*; delante de la palanca *A* hay un electro-iman *L*: supongamos que la corriente entra en este electro-iman; la palanca *A*, que será atraida por él, suelta el diente *B*, y la rueda *C* gira haciendo tambien girar á la que está unida á la *E*, y por tanto á esta misma que enganchando sus dientes en el áncora *H*, produce en el martillo un movimiento á la derecha que le hace dar en el timbre, y al soltarlos, la oscilacion de *R* hace que pegue tambien á la izquierda, produciendo un repique mientras el electro-iman no deje la palanca *A* y el diente *B* de la rueda *C* venga á engancharse de nuevo en ella. Otro aparato dispuesto de diferente manera, y que se usa mucho, es el de la *figura* 601; consiste en una palanca *A*, que puede ser atraida en su parte inferior por el electro-iman *B*; en la superior sostiene á otra palanca *C*, que se mueve sobre el punto *H*, la cual tiene doblado uno de sus estremos y engancha en un diente de la rueda *D*, impidiéndola girar á impulso de un mecanismo de relojería que se ha omitido en la figura: el otro estremo de esta palanca *C* se apoya en el de la *A*: al eje de la rueda *D*, va unida, por el intermedio de otras ruedas que dan la velocidad necesaria, una palanca *E*, que lleva en sus dos estremos, dos piezas de hierro, colgadas y que pueden moverse facilmente alrededor de su punto de apoyo: supongamos que entra la corriente en el electro-iman; la palanca *A* será atraida por su estremo inferior, y desviándose el superior, deja libre el de la palanca *C*, que cae y toma la posicion indicada en *C'*, de modo que deja de enganchar á la rueda *D*, la cual no teniendo obstáculo, gira en la direccion que marca la flecha, haciendo tambien girar con mucha velocidad á la palanca *E*, y las piezas *F* pegan sobre un timbre inmediato, pues la fuerza centrífuga tiende á alejarlos del centro de rotacion: la rueda *D* tiene una ó mas piezas salientes *S*, que al girar enganchan en otra pieza *R* de la palanca *C*, y estas hacen que la misma rueda *D* en su movimiento haga volver la palanca *C* á su primera posicion; si en este caso la corriente pasa todavía por el electro-iman, la palanca abandonada por la pieza *S*, caerá de nuevo, y el repique continuará; pero si ha dejado de pasar, estara la palanca *A* en posicion de sostener á la *C*, que engancha de nuevo á la rueda *D* y ce-

Fig. 600.

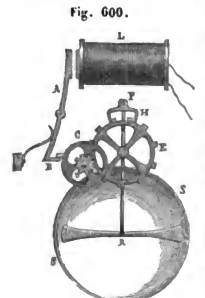
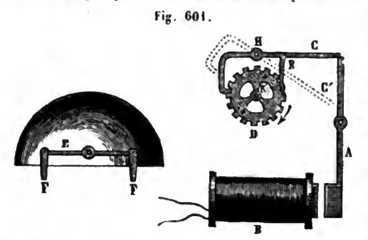
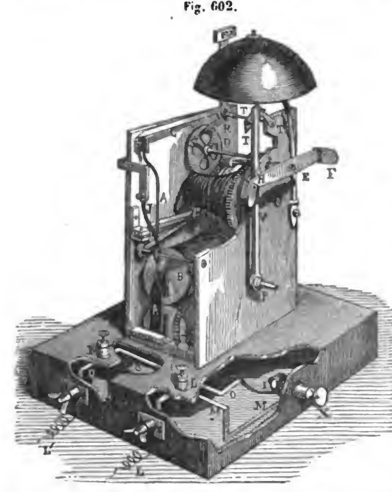


Fig. 601.



sa en su movimiento dejando por tanto de tocar la campanilla. La *figura* 602 representa este aparato completo, y en ella iguales letras indican las mismas piezas que en la anterior: el electro-iman *B* atrae á la palanca *A*, que deja libre á la *C*: esta figura tiene una pequeña variacion en el modo de desenganchar la rueda *D*; una pieza *T* unida á la palanca *C*, se mueve con ella, y sujeta entre dos espigas salientes la cabeza de la palanca *V*, que está fija en *P*; esta palanca tiene un diente en *H*, que engancha en otro de la palanca *E*; cuando cae la *C* hace caer tambien á la pieza *T*, que mueve la palanca *V* hácia la izquierda, y en tal caso abandona el diente *H* al de la palanca *E*, de modo que como no hay otro obstáculo al movimiento, gira *E* y hace sonar el timbre; despues la rueda *D* en su movimiento engancha á *R* y eleva la palanca *C*, que se sostiene sobre *A* si no pasa la corriente, pues esta habrá vuelto á su posicion por la fuerza del resorte *J*: en este caso la pieza *T* por medio de la *C* toma su posicion primera, y la palanca *V* se mueve hácia la derecha, volviendo á enganchar la palanca *E* de los martillos, cesando por tanto el movimiento: una pieza unida á la palanca *C* sirve de contrapeso para hacer caer á esta. La corriente entra por *L* al electro-iman *B* y sale por *L'*, pero en este aparato se han figurado dos conductores, uno *M* unido á *L*, que va á parar al eje del boton metálico *X*, y otro *O* unido á *L'*, que toca mas atrás al mismo boton *X*; en la posicion de la figura, la corriente que entra por *L* pasa por *M* y *O* y sale por *L'* sin llegar al electro-iman; pero si se hace girar el boton *X*, apoya el conductor *O* en una pieza *I* aisladora de este boton, y se interrumpe el circuito de los conductores, en cuyo caso la corriente entra en el electro-iman y produce el repique. Si se une este aparato á los manipuladores de cuadrante ó de Morse, son inútiles los conductores *M* y *O* porque hay medio en ellos de quitar del circuito la alarma, pero si se une al aparato inglés, son indispensables para hacer que la alarma se encuentre ó no en el circuito por medio del boton *X*. Suele añadirse á alguno de estos aparatos un pequeño disco en que se escribe ***Respóndase;*** un resorte que sale desde su centro, tiende á ponerle de modo que el letrero esté en la parte mas alta, y una palanca que sujeta un diente del mismo disco, hace colocar el letrero de manera que no se vea por una ventana de la caja del aparato; esta palanca se encuentra unida á la *A*, y asi cuando ha de sonar la campanilla y es atraida *A* desengancha el diente del disco, y el resorte le hace dar un cuarto de

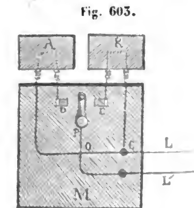
Fig. 602.



vuelta para que se presente el letrero en la ventanilla; despues se vuelve á ocultar, moviendo el disco por medio de un boton esterior.

1058. Conmutadores. Ocurre con frecuencia tener que cambiar la direccion de una corriente, unas veces para hacerla entrar en distintos aparatos, otras para que pase de uno á otro alambre de diferentes líneas, y á veces tambien para que los aparatos reciban ó no la corriente de una batería con el objeto de acumular mas ó menos fluido en la línea; vamos á presentar los principales aparatos para hacer estas acumulaciones ó cambios, y aunque los apliquemos, para mas claridad y como ejemplo, á un caso determinado, fácil será ver que pueden servir tambien para otros distintos. Un aparato preciso en los de telegrafía, ó mas bien una parte de estos últimos, es el empleado para cambiar la direccion de la corriente; por ejemplo, cuando el telégrafo no funciona debe estar dispuesto de manera que el aparato de alarma forme parte de la línea, para recibir la señal de atencion; pero despues, para recibir la comunicacion, es necesario que la corriente deje de pasar por el aparato de alarma y vaya al receptor; debe pues haber un medio de cambiar la direccion de las corrientes, y de un modo fácil, para hacer formar parte del circuito á los aparatos necesarios: lo mismo hay que efectuar para que la pila comunique ó no con ellos para trasmitir ó recibir: estos cambios se hacen por medio de *conmutadores de corrientes*, que forman parte de los aparatos mismos, generalmente de los manipuladores. Supongamos (*fig.* 603) el manipulador *M*, el receptor *R* y la alarma *A*, siendo los alambres de la línea

Fig. 603.



L y *L'*; un alambre del receptor y otro de la alarma se unen en *C* á uno de los de la línea, y los otros dos de receptor y alarma á dos piezas metálicas *D* y *E*; en medio de estas hay una pieza metálica que gira sobre el punto *P*, al cual viene á parar el otro alambre de la línea, siendo esta pieza *P* el conmutador de la corriente; en el punto *O* no se tocan los alambres aunque están sobrepuestos. En la posicion que marca la figura, el circuito está abierto, pero hagamos girar la pieza *P* hasta ponerla en contacto con la *D*; la corriente que viene por *L'* pasa por *P* y *D* y sale á *C* y *L* estando el circuito cerrado con la alarma: hagamos girar la pieza *P* hasta ponerla en contacto con *E*; en este caso la corriente pasa por *L' P* y *E* al receptor, y vuelve á *C* y *L* y el circuito está cerrado con el receptor; segun esto, cuando no funciona el telégrafo, la pieza *P* estará sobre *D* para que la alarma advierta que se va á comunicar, y cuando este aviso se ha recibido, se pasará la pieza *P* sobre *E* para recibir la comunicacion en el receptor. Un conmutador semejante, une la pila con la línea por el receptor, cuando se va á comunicar, ó hace que la pila no esté unida á la línea cuando se ha de recibir. Si se encuentran una ó mas estaciones situadas entre los estremos de una linea, lo que sucede generalmente siempre, es necesario que cada una de estas estaciones pueda comunicar con las inmediatas, ó puede separarse de la línea para que las demás comuniquen entre sí, como si la intermedia no existiera; es necesario para esto hacer uso de los conmutadores de lineas que pongan en comunicacion la intermedia con cada una de las que tiene antes y despues, ó que ponga á estas en comunicacion direc-

ta: varias son las formas de estos conmutadores. Supongamos (*fig.* 604) una estacion intermedia entre Y. y M. por ejemplo Z.; la línea de Y. á M. se cortará en Z., y los alambres, entrando en la estacion de este punto intermedio, vendrán á parar al rededor de una llave *H*, donde tambien estará un alambre que comunique con los aparatos telegráficos de Z.: supongamos la llave en la posicion *A*; la corriente pasará de Y. á M., ó vice-versa, sin entrar en los aparatos de Z.; coloquémosla en la posicion *B* y tendremos á Y. en comunicacion con Z. sin llegar á M.; finalmente, pongámosla como marca *C*, y Z. comunicará con M. sin tocar á Y. Esta llave con sus tres piezas salientes, se colocará en una caja donde vendrán á parar los alambres, que podrán ser, no uno solo en cada direccion como indica la figura, sino los necesarios, uniendo á una pieza metálica los de la misma línea para que los toque ó no, la llave á un tiempo. Otro conmutador muy usado, sobre todo por los ingleses, consiste (*fig.* 605) en una caja atravesada por tres lengüetas metálicas que forman parte de los alambres *M* é *Y*, que desde las dos estaciones estremas entran al aparato de la estacion intermedia *Z*, siendo la tercera lengüeta parte del alambre de tierra *T:* encima de estas lengüetas hay un eje *AB* que tiene en su estremo *B* un manubrio para moverle, y además tiene 4 dientes *O*, *D*, *E* y *H* que tropiezan en las lengüetas haciéndolas abandonar los contactos *P*, *R* ó *C:* en la posicion que marca la figura, los dientes no tocan á las lengüetas, y la corriente que viene de *M* pasa á Z., en donde no está interrumpido el circuito, y vuelve por la segunda lengüeta á *R* y despues á *Y*, de modo que las dos estaciones estremas se comunican pasando la corriente por el aparato de la estacion intermedia: demos al eje *AB* un cuarto de vuelta por medio del manubrio; en este caso, si la hemos dado á la izquierda, el diente *D* queda hácia abajo lo mismo que el *E*, y por tanto las lengüetas abandonan los contactos *R* y *C*, quedando el diente *O* hácia arriba sin tocar á la lengüeta *P:* en este caso el circuito se forma desde Z, que es el aparato de la estacion intermedia, por *D* al eje y de este por *E* á *T*, que es el alambre de tierra, desde donde pasa á *M*, *P*, *Z*, y por lo tanto la estacion intermedia ha comunicado con *M*; demos al manubrio vuelta á la derecha, y los dientes *O* y *H* harán á las lengüetas abandonar los contactos *C* y *P*, y la corriente desde *Z* pasa por *R* á *Y* volviendo por la tierra y por *TH* y el eje, á *D* y *Z*, de modo que la estacion intermedia ha comunicado con *Y*. Este aparato suele ser doble cuando en el sistema inglés los receptores son de dos agujas; en tal caso es un eje doble del *AB*, dividido en su mitad por un cuerpo aislador de cuyo eje será el *AB* solamente la mitad, pero que la otra parte será exactamente igual. Un aparato sumamente sencillo es el de la *figura* 606; tres piezas metálicas *A*, *B* y *C* están unidas á los estremos de los tres alambres que se reunen en

Fig 604.

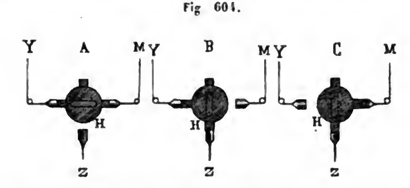
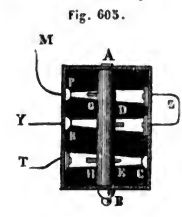
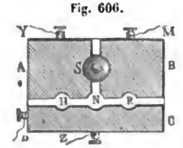


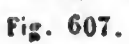
Fig. 605.

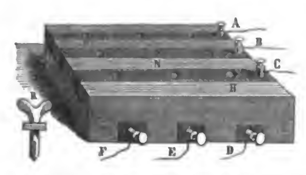


la estacion intermedia, y forman entre ellos los espacios *S*, *H* y *R*, en los cuales puede entrar justa una clavija metálica; si esta se coloca en *S*, como indica la figura, pone en comunicacion las piezas *A* y *B*, y la corriente pasa entre las estaciones estremas *M Y*; colocada la clavija en *R*, comunica *M* con *Z*, y colocándola en *H*, será *Y* la que comunicará con *Z*. Cuando se ha de hacer una comunicacion entre dos estaciones lejanas, es necesario mayor número de pilas que cuando se ha de comunicar á estaciones inmediatas; y para añadir ó quitar pilas, segun sea necesario, se hace uso de conmutadores iguales á los anteriores: el aparato que acabamos de esplicar (*fig.* 606) puede ser un conmutador de pilas: en *Y*, *M* y *Z* está unido un polo de 3 baterías, comunicando el otro con la tierra por el intermedio de los aparatos; en la forma que marca la figura, la corriente de *Z* entra solo á la línea por *D*; si se pone el boton *S* en *R* ó *H* entran las de dos baterías, y si se pone en *N*, entran las de las tres. Puede disponerse por este sistema un aparato para hacer muchas conmutaciones (*fig.* 607): en una tabla gruesa se incrustan por la parte superior varias barras de metal *A*, *B*, *C*, y por la parte inferior otras *D*. *E*, *F*, de modo que no lleguen á tocar á las primeras; cada banda está unida á un alambre; despues se hacen taladros *H*, *N*, *P*.... en los puntos donde las barras de encima se cruzan con las de abajo; unas clavijas metálicas como *R*, que deben tener un corte en la parte inferior para que entren justas y hagan bien el contacto, son las que forman la conmutacion: puestas en *H*, *N* y *P* se comunica el alambre *C* con *D*, *B* con *E* y *A* con *F*, y puestas en otro taladro, forman, como es fácil ver, diferentes y muy variadas conmutaciones, de modo que puede servir para pilas ó para líneas, y para comunicar una estacion con otras varias. Tambien el de la *figura* 605 puede servir para pilas; si suponemos que en *M* hay una batería, en *Y* otra, y en *T* otra tercera, y las tres lengüetas á la parte de *Z*, comunicando con el aparato telegráfico, quitado tambien el diente *H*, tendremos que en la posicion que marca la figura, las tres corrientes pasan por *P*, *R* y *C*; si hacemos girar el manubrio hácia la derecha, la lengüeta correspondiente á *O* se separa de *P*, y entran solo las corrientes de *YT*; si hacemos girar á la izquierda, las lengüetas correspondientes á *D* y *E* abandonan los contactos *R* y *C* y entra solo la corriente de *M*. Todavía daremos á conocer un conmutador que puede servir para todos los cambios necesarios, dispuesto convenientemente, y que por eso es de un uso bastante frecuente: sobre una tabla circular se colocan piezas metálicas donde vienen á parar los distintos alambres; en el centro de ella se pone un eje que lleva diferentes lengüetas aisladas, ó comunicando entre sí, y este eje se mueve por medio de un manubrio; colocando las lengüetas necesarias y con las comunicaciones convenientes, se hacen las conmutaciones que puedan ocurrir. La *figura* 608 presenta la forma y un ejemplo de esta clase de conmutadores: á una tabla circular están unidos los cinco alambres *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, sobre cinco placas metálicas; dos ban-

Fig. 606.

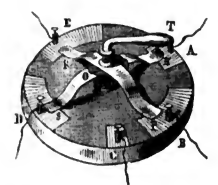



Fig. 607.



das metálicas *RP* y *HS* están unidas al eje incomunicadas entre sí por un disco de guta-percha, estas dos bandas forman cuatro lengüetas que apoyan sobre las placas metálicas, y pueden moverse con el manubrio *T:* en la posicion que marca la figura, comunica el alambre *A* con *D* y *B* con *E;* si se hacen girar las lengüetas de modo que la *H* pase á *B*, la *P* pasará á *C* y las *S* y *R* no saldrán de *E* y *D;* en este caso el alambre *B* comunica con *D* y *C* con *E*. Tendremos ocasion mas adelante de ver un conmutador de esta clase aplicado á un aparato particular.

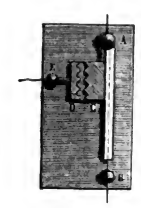
Fig. 608.



1059. Galvanómetro. Debe colocarse en las estaciones un galvanómetro, por cuyo alambre pase la corriente, y se sabe si pasa ó no, y su intensidad, por la desviacion de la aguja: este aparato es exactamente como el esplicado (980); pero si no es para hacer esperimentos de precision, se forma con un alambre algo grueso y que dé solo 25 á 30 vueltas en el carrete. Estas agujas deben colocarse algo lejos de los aparatos, porque si no, se mueven con la influencia de los electro-imanes cuando pasa la corriente.

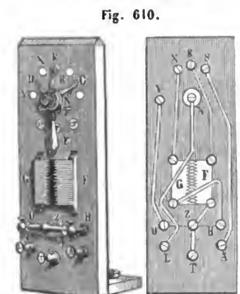
1060. Para-rayos de telégrafos. Si una descarga eléctrica de la atmósfera sobre el alambre de la línea llega á los aparatos telegráficos, aunque en general llegará muy debilitada porque tiene bastantes puntos donde perderse al recorrer el alambre, producirá sin embargo la fusion de los alambres que forman los diferentes electro-imanes, á poco fuerte que sea, ó por lo menos quemará las sedas que los aislan, destruyendo por tanto los aparatos: con el objeto de evitar estos inconvenientes, se han ideado sencillos medios de llevar á tierra la descarga sin que entre á producir los daños indicados. Estos para-rayos son de varias formas, y la *figura* 609 representa uno: el alambre de la línea, antes de entrar en los diferentes aparatos de la estacion, llega al boton *A*, el cual comunica con un alambre mas delgado que el de los carretes de los diferentes electro-imanes que la corriente ha de pasar; este alambre está colocado dentro de un tubito de cristal que le aisla completamente, y por él llega la corriente al boton *B* unido al alambre que entra en el manipulador: en comunicacion con el boton *A* hay una pieza metálica, que es una chapita *C* de laton, terminada en uno de sus lados en forma de dientes de sierra, y delante de estos dientes hay otros de otra chapita igual *O*, que está unida al boton *E*, en el cual se fija un alambre grueso en comunicacion con la tierra: si se produce una descarga, las puntas de la pieza *O* harán salir electricidad que neutralice la que trae el alambre, pero una vez llegado el fluido restante al boton *A*, se reparte, y marcha una porcion por el alambre *AB* delgado; si este fluido es en mucha cantidad, funde el *AB* y se rompe la comunicacion con el boton *B*, de modo que los aparatos telegráficos no reciben la descarga; si no es bastante el fluido para fundir este alambre delgado, tampoco lo será para fundir otro mas grueso y mejor conductor, que será el de los electro-imanes de los aparatos telegráficos, de modo que no habrá peligro; el resto del fluido que no puede pasar por *AB* ó todo cuando

Fig. 609.



este alambre se funde, marcha por las puntas de *C* á la pieza *D*, y de aqui á la tierra; este es aparato muy usado en el dia. Otro para-rayo moderno, y que se va generalizando por su buena disposicion, es el de la *figura* 610. Sobre una tabla que se coloca vertical, sujeta con tornillos, está montado el aparato, que se compone

Fig. 610.



de un eje metálico *N* en comunicacion con una lengüeta *B*, y unido á otras dos *C* y *D* que comunican entre sí, pero no con el eje, para lo cual hay un cilindro de madera entre este y las lengüetas; siguen despues dos piezas metálicas *F* y *G*, que tienen un lado cortado en puntas, y están estos lados uno enfrente de otro; hay mas abajo un tubo *K J*, por el que pasa un alambre muy delgado cubierto de seda, sostenido en dos piezas *H* y *O* por medio de tornillos; debajo de este tubo hay un boton *L*, al que se une el alambre de la línea; otro *T*, que es para un alambre que desde el para-rayo comunica directamente con la tierra; y otro *A*, donde se sujeta el alambre de los aparatos de trasmision; todas estas piezas están unidas por medio de conductores colocados detrás de la tabla, los cuales se marcan en la figura de la derecha, indicándose con las mismas letras iguales puntos; el eje *N* se mueve con el manubrio *E* para poner las lengüetas *D*, *R* y *C* encima de las piezas metálicas *V*, *X*, *R*, *S*, que comunican con los conductores; finalmente, el manubrio al girar se pone encima de unas planchitas en que está escrito, *con para-rayo*, *CP*, *tierra*, *T*, ó *sin para-rayo*, *SP*: en la posicion que marca la figura, el manubrio indica *tierra*, es decir, que el alambre de la línea está en comunicacion directamente con la tierra por el del aparato: en efecto, el camino que seguirá el fluido eléctrico de una descarga que reciba el alambre de línea será, desde *L* á *N*, *R*, *F*, *Z* y *T*, al alambre unido al aparato, por el que pasará á perderse al depósito comun: si se mueve el eje para que marque *con para-rayo*, la lengüeta *D* se pone sobre *V*, la *B* sobre *X* y la *C* sobre *S*; en este caso, la descarga que viene por la línea á *L*, pasa al eje *N*, que como está solo en comunicacion con *B*, da paso á la corriente por *X* á la pieza *G*, y de esta por *H* al alambre *KJ* y despues por *O* á *V*, pasando por la lengüeta *D* á la *C*, que está unida á ella, y despues por *S* y *A* entra en los aparatos de comunicacion: al pasar esta descarga por *G*, atrae desde la tierra, por *T* y la pieza *F*, fluido contrario que la neutraliza; si esto no basta y llega al alambre *KJ* mucho fluido, funde este alambre y no puede entrar en los aparatos, marchándose por el soporte *Z* del tubo *KJ* y por *T* á la tierra; si el fluido no funde el alambre *KJ*, y quema la seda, pone este alambre en comunicacion con el tubo *KJ*, de modo que el fluido marcha por *Z* á la tierra; si la descarga no quema la seda, importa poco que pase á los aparatos, porque no tendrá fuerza para destruirlos; el mismo camino que hemos marcado á la descarga eléctrica es el de la corriente que viene por la línea, de modo que las comunicaciones no están interrumpidas: si el manubrio se mueve marcando *sin para-rayo*, la lengüeta *B* pasa á *S* y la *D* pasa á *X*, pero la *C* no toca á ningun conductor; en este caso la corriente de trasmision llega por *L* á *N*, desde donde pasa por la lengüeta *B* á *S* y de aquí por *A* á los aparatos de

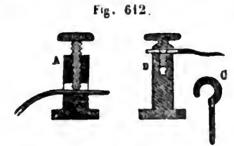
este modo no pasa por las planchas *FG*, en las que se debilita con las puntas y con el fluido contrario que sale por ellas, ni tampoco pasa por el alambre *KJ*, que como es muy delgado, hace perder intensidad á la corriente. Debe advertirse que la electricidad dinámica ó por corrientes, no sale como la estática por las puntas, pues su tension es débil para ello. Otro para-rayo que usan los ingleses, está representado en la *figura* 611: se compone de un carrete *A*, al que está arrollado un alambre de cobre un poco mas delgado que los alambres que forman los electro-imanes de los demás aparatos. á este alambre entra la corriente por *B* y sale por *C*, de modo que forma parte del circuito; rodea al carrete *A*, que debe ser de madera ó marfil, un cilindro *D* metálico, en comunicacion con la tierra por medio del alambre grueso de cobre *H*, y está terminado el cilindro en *R* y *S* por cuerpos malos conductores, como madera ó marfil; tiene ademas el aparato unas puntas en *T* y *N* para que el fluido salga con facilidad por las *T* al cilindro *D*, y por las *N* á una chapa de cobre aislada del alambre *C*, la cual sirve de apoyo al aparato; en *P* hay tambien uno ó dos discos terminados en puntas, unidos al conductor *BC*. Si hay alguna descarga, el fluido pasa al cilindro *D* por las puntas *T* y *P*, y de aqui á la tierra por *H*, y si queda todavia algo, por *N* tambien á la tierra: si todo el fluido que viene por *B* no pasa al cilindro, llega al carrete *A* y tiene que atravesar el alambre delgado, que se fundirá interrumpiendo la corriente y no llegará á los aparatos, ó si no le funde por tener poca intensidad, no habrá inconveniente en que pase á los alambres de los aparatos porque no podrá producir daño, pues ha pasado el alambre de *A*, mas delgado que el de estos, sin producirle. Pudiéramos describir algunos otros para-rayos, pero basta con los que hemos esplicado, porque son los que mas en uso están; advirtiendo que en muchas líneas, ó no se emplean, ó no hacen mucho caso de ellos.

Fig. 611.



1061. Medios de unir los alambres. A todos los aparatos es necesario unir los alambres que han de dar paso á las corrientes, y estas uniones deben hacerse con facilidad, y de modo que resulte un contacto íntimo: el medio empleado generalmente, consiste en colocar una pieza metálica *A* (*fig.* 612) en comunicacion con el punto donde ha de entrar la corriente; esta pieza tiene un taladro por donde se introduce la punta del alambre, que se sujeta con un tornillo que entra en el eje de la misma pieza *A*. Los ingleses suelen hacer las uniones de otro modo: la pieza *D*, en comunicacion con el punto donde ha de entrar la corriente, tiene un tornillo en su eje, y el alambre termina en un corchete *C*, que se sujeta entre el tornillo y la pieza *D*.

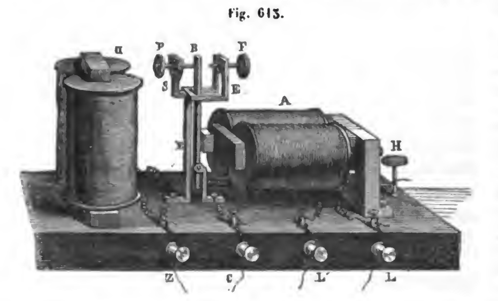
Fig. 612.



1062. Pilas locales. Cuando una corriente llega de la línea, puede no tener suficiente fuerza para producir las señales en el receptor, y en tal caso se emplean las *pilas locales*. Supongamos que el fluido de la línea, en lugar de pasar al receptor, se aplica á cerrar el circuito de una pila colocada en la misma estacion que recibe, cuya pila está en comunicacion con el receptor; en tal caso, al

venir la corriente de la línea, se cierra el circuito de la pila local, y el receptor hace una señal, como la haria si hubiera llegado á él la corriente de la línea; suspendida esta corriente se abre el circuito de la pila local, y no pasa su fluido al receptor, de lo que resultará el efecto que se produciria rompiendo el circuito de la línea. El telégrafo de Morse necesita mas particularmente las pilas locales, y por eso representamos en la *figura* 613 la disposicion del aparato que se une á estos telégrafos que funcionan con pilas locales. El electro-iman *D* es el mismo del aparato representado en la *figura* 595 y á él por tanto debe entrar la corriente; otro electro-iman *A*, al que vienen á unirse los alambres *L* y *L'* de la línea, puede atraer á una palanca metálica *B*, á cuyo pie se ata el polo *C* de la pila local; además en *E* hay un soporte metálico que lleva un tornillo *F* tambien metálico, y al pie de este soporte se une un estremo del electro-iman *D*, atando el otro estremo al polo *Z* de la pila: supongamos que llega la corriente de la línea por *L* y sale por *L'*; el electro-iman *A*, atrae la palanca *B* y la hace tocar al tornillo *F* antes de que toque á *A*; en este caso la corriente de la pila local pasa por *C*, *B*, *F*, *E*, al electro-iman *D* y sale por *Z* al otro polo de la pila, de modo que produce la imantacion del *D* lo mismo que si hubiera entrado directamente la corriente desde *L*; cuando se rompe el circuito en la línea, no llega por *L* corriente, y en tal caso un resorte unido al pie de la palanca *B* y sujeto al boton *H*, la hace separar de *F* y apoyar en *P*, que es otro tornillo sostenido en el soporte *S* aislador, de modo que la corriente de la pila que viene por *C*, se encuentra interrumpida al llegar á *S* y no pasa al electro-iman *D*. Las pilas locales, como que solo tienen que hacer circular el fluido por los aparatos de la estacion donde se hallan, no necesitan mucha tension, y asi deben disponerse con pocos pares de bastante superficie.

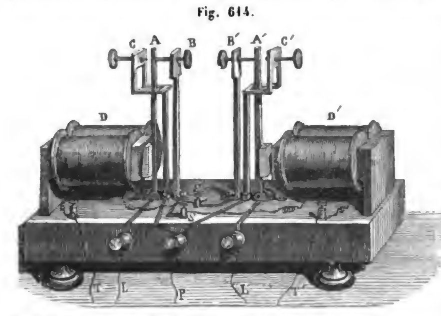
Fig. 613.



1063. Pilas de reemplazo. Cuando hay que comunicar á grandes distancias, es necesario una cantidad considerable de pares en las pilas, y aun asi no es posible á veces hacer que la corriente llegue al estremo de la línea con la suficiente intensidad; en este caso, supongamos que la corriente que sale de un estremo de la línea, en lugar de recorrerla entera llega solo al medio, donde encuentra otra nueva pila á la que pone en comunicacion con el resto de la línea; la corriente de esta nueva pila sustituirá á la primera y recorrerá el resto de la línea llegando á su fin, donde entrará en los aparatos de recepcion, *reemplazando* por tanto á la pila primera; lo mismo puede llegar á otro punto en el que ponga una tercera pila en comunicacion con la línea para que se haga una nueva sustitucion: para efectuar este cambio de corrientes, se necesita colocar en el punto

donde se encuentra la pila de reemplazo un aparato que, al recibir la corriente de un lado, una esta pila al otro lado: si la corriente marchara siempre en la misma direccion, se pondria el aparato esplicado para las pilas locales (*fig.* 613) sin mas diferencia que la de sustituir á los alambres del electro-iman *D* unidos á *C* y *Z*, los del resto de la línea; pero cuando la comunicacion se haga en sentido inverso, que seria necesario unir *C* y *Z* á *L* y *L'* para que pasara al fin de la línea, no sirve el aparato; por esta razon es necesario disponerle doble como indica la *figura* 614: en este aparato, si la corriente de la línea entra por *L*, pasa por la palanca *A* al boton *B* y de aquí á *S*, donde está unido un alambre del electro-iman *D'* por el que llega la corriente saliendo por *T'* á la tierra; pero *D'* se imanta y atrae á la palanca *A'*, que toca al boton *C'*, y en tal caso la corriente de la pila en *P* llega á *C'*, y por *A'* pasa á *L'*, que es el resto de la línea: si la corriente viene en sentido inverso y llega por *L'*, pasa por *A'* y *B'* á *S'*, y desde aquí á *D* y *T*; pero imantándose *D*, atrae la palanca *A* que toca á *C*, y la corriente de la pila pasa entonces desde *P* á *C* y *A*, saliendo por esta palanca á *L*, que es la otra parte de la línea: es evidente que las piezas *A*, *B*, *C*, y *A'*, *B'*, *C'*, deben ser de metal. Los tornillos *C* y *C'* se disponen de manera que las palancas *A A'* no lleguen á tocar á los electro-imanes *D* y *D'*; el segundo alambre de la pila, que sale del polo diferente del *P*, se pone en comunicacion con la tierra como en las estaciones de la línea.

Fig. 614.



1064. Comunicadores. Cuando dos estaciones han de comunicarse y hay entre ellas otra estacion, debe la que comunica avisar á esta, para que por medio de un conmutador ponga á las dos estremas unidas; en este caso la estacion intermedia puede conocer que han dejado de comunicarse las dos estremas, por medio del galvanómetro, que habrá quedado en el circuito, pero puede disponerse un aparato llamado *comunicador*, bastante semejante al aparato de pilas locales (*fig.* 613), con el cual una de las dos estaciones estremas avisa á la intermedia cuando haya concluido la comunicacion para que vuelva á ponerse en el circuito: este aparato se compone de un carrete electro-iman formando parte de la línea, y cerca de él una palanca á la que se sujeta un pedazo de acero imantado; disponiendo la direccion de la corriente (981) de modo que el electro-iman y el iman tengan sus polos del mismo nombre enfrente, se rechazarán, y la palanca, que deberá tener un tope para no separarse de su posicion cuando es rechazada, permanecerá quieta; pero si la corriente varía de direccion, cambiarán de posicion los polos del electro-iman, y resultará uno de ellos enfrente del polo contrario del iman; en este caso se atraerán, y la palanca tocará un tornillo ó tope en

comunicacion con un polo de una pila local; estando unido á la misma palanca el otro polo se cerrará el circuito de esta pila local, que debe estar unida á una campanilla, y se producirá un repique, advirtiendo de este modo que ha concluido la comunicacion entre las dos estaciones estremas, y que debe entrar la intermedia en el circuito. Si son muchas las intermedias, se pondrá el aparato en cada una, y cambiando la corriente, llegará la señal á todas á un tiempo. Las estaciones en este caso deben tener un conmutador que cambie la corriente de modo que si al comunicar tiene que unir una estacion el polo zinc á la línea, la otra tendrá que unir el polo cobre para contestar; despues, para dar señal á la intermedia habrá que hacer una conmutacion en la primera, uniendo el polo zinc al alambre de tierra, y en la segunda uniendo á este el polo cobre. Cuando el comunicador se encuentra sin accion, su iman es atraido por el hierro del carrete; para evitar el que le toque y se cierre el circuito de la pila local, se pone un resorte bastante fuerte para contrarrestar esta atraccion, venciéndose solo la accion del resorte cuando pasa la corriente por el carrete y se hace iman.

1065. Aparatos completos. Ya hemos visto los diferentes aparatos necesarios en una estacion, y sabemos que la corriente debe entrar unas veces en los receptores y otras en las campanillas, como tambien que las pilas deben ó no comunicar con los manipuladores, segun se trate de trasmitir ó de recibir señales: todas las conmutaciones se hacen generalmente en el manipulador, y como el mas complicado bajo este concepto es el de cuadrante, vamos á presentarle completo, y nos servirá de ejemplo para los demás. En la *figura* 593, á la izquierda, hemos visto el manipulador con todo su mecanismo; en la misma figura á la derecha están solo los conductores, que suelen colocarse en la parte inferior de la tabla de los aparatos; el conmutador *F* sobre *J*, pone la pila en comunicacion con la línea, y sobre *G*, cierra el circuito sin la pila; el conmutador *K* sobre *I* pone la línea en comunicacion con el receptor, y sobre *P* con la alarma: entendamos que aun cuando los conductores se cruzan, están aislados de modo que no se tocan en los puntos en que se encuentran sobrepuestos. El aparato debe estar, siempre que no se comunica, dispuesto para recibir, y para esto el conmutador *F* estará sobre *G* y el *K* sobre *P*; cuando comunican de la otra estacion, la corriente viene por *E* y sigue á *FGKPQ* al aparato de alarma, en el que suena la campanilla y avisa, continuando despues por *THV* y por la línea á la otra estacion: en seguida, para recibir, se cambia el conmutador *K* sobre *I*; en este caso viene la corriente por *E* y pasa por *FGKIU* al receptor, donde marca el signo y sigue por *X* á *O*, que es el punto marcado con la misma letra en la figura de la izquierda; de aquí pasa á *H*, que tambien es el mismo punto *H* de la otra figura, y en seguida por *V* sale á la línea. Para comunicar, se coloca *F* sobre *J*, y *K* sobre *I*; en tal caso la corriente viene de la pila por *Y* á *GKIU* y entra en el receptor, donde marca el signo que se ha de trasmitir, y así se ve si hay error: de aquí pasa por *XOHV* á la línea, forma la señal en la otra estacion entrando como hemos dicho para recibir, y vuelve por *EFJZ* al otro polo de la pila; vemos que *OH* forma parte del circuito, y por tanto que se rompe este ó se cierra, moviendo el manubrio del manipulador segun se esplicó. Estos cambios de conmutadores son muy fáciles de hacer bien, puesto que los botones *J*, *G*, *I*, *P*, tiene escrito en los aparatos el conductor à que pertenecen, como se marca en la figura, lo mismo que en los

demás puntos donde se han de colocar los diferentes alambres. En el sistema inglés, la alarma se pone formando parte del alambre de la línea, y en el mismo aparato se hace la conmutacion para que la corriente llegue ó no al electro-iman que hace sonar la campanilla, como se ha esplicado en la *figura* 602; las demás conmutaciones las forma el mismo aparato, pues hemos visto que es manipulador ó receptor con solo variar la posicion del manubrio. En el sistema de Morse, hay conmutadores como en el de cuadrante, para hacer que la corriente entre en la alarma ó en el receptor; y tambien puede hacerse la conmutacion de la alarma lo mismo que en el aparato inglés: como el sistema de Morse necesita bastante fuerza en la corriente para que el estilete marque bien, suelen ponerse pilas locales, como ya hemos dicho (1062), y tambien se ha esplicado el aparato necesario para este objeto, y su colocacion.

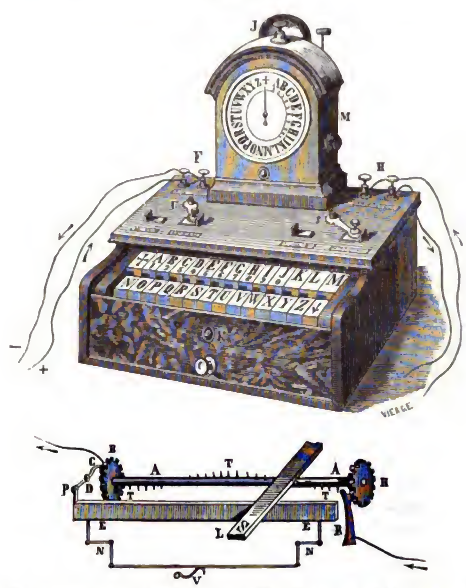
1066. Diferentes aparatos. Hemos esplicado ya los aparatos principales en la telegrafía eléctrica, pero no son estos los únicos que se han inventado; y por lo tanto, vamos á dar á conocer otros, que son en general modificaciones de los esplicados, pero que en su forma y modo de manejarlos tienen variaciones esenciales. No es decir que vamos á describir todos los diferentes aparatos inventados, ya para la recepcion ó ya para la manipulacion, pues esto no es posible, en unos porque no hemos tenido ocasion de verlos á causa de que son muy poco conocidos, y no en uso; en otros porque no se han puesto en ninguna línea por no creerlos ventajosos; y en otros, en fin, porque su simple inspeccion hace desecharlos: por lo tanto, los que vamos á describir son aparatos que están funcionando en algunas líneas, ó modelos de los diferentes géneros ensayados. Tambien hemos omitido ya algunos aparatos necesarios en la telegrafía, propuestos para diferentes objetos y que se han desechado ó no están en uso por creerlos inútiles ó poco ventajosos.

1067. Aparato de Siemes. Un aparato cuyo receptor es como el de cuadrante, pero que se manipula de diferente manera, es el imaginado por Siemes. Consiste en dos aparatos como el de la *figura* 598, los cuales están unidos por el alambre de la línea, uno en cada estacion. Cuando la corriente de una pila entra por uno de ellos, produce el efecto de abrir y cerrar continuamente el circuito, como ya dijimos; y si este aparato está unido á un receptor de cuadrante (*fig.* 591), hará mover su aguja contínuamente, marcando sin cesar las diferentes letras; pero cada vez que entra la corriente, pasa al aparato de la otra estacion y produce el mismo efecto: supongamos que cuando pasa la aguja por la letra que se desea trasmitir, se para la palanca al tocar el electro-iman; en este caso no entra la corriente, y la aguja se para tambien: pero como no llega el fluido á la otra estacion, para la aguja en ella al mismo tiempo, y marca una letra; volviendo á dejar libre la palanca, empieza de nuevo á romperse y cerrarse el circuito y las agujas se mueven otra vez, hasta que fijando la palanca, paran las agujas y marcan otra letra. Este aparato se usa muy poco y es complicado, por eso no entramos en mas detalles.

1068. Manipulador de teclado. El manipulador de teclado, inventado por Froment, trasmite los signos comprimiendo unas teclas iguales á las de un piano, en las que están escritas las diferentes letras del alfabeto, y los signos necesarios para la inteligencia de las comunicaciones: el receptor es el mismo de

cuadrante (*fig.* 591). En la *figura* 615 se ve primero el manipulador completo, y debajo, simplificado el mecanismo y reducido á la parte puramente precisa para comprenderlo. El eje *A* recibe un movimiento de rotacion por medio de una sen-

Fig. 615.

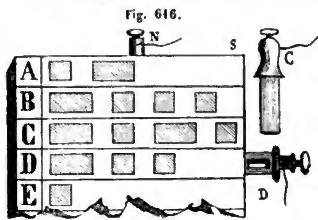


cilla máquina de relojería; en uno de sus estremos está unido á la rueda dentada *B*, en la cual engancha una palanquita *C* que está fija en *D*, y unida por su estremo *P* á una pieza *E* paralela al eje *A*; en el otro estremo lleva este eje una rueda *H*, con tantos dientes como son necesarios para trasmitir todos los signos marcados en el aparato; una pieza *R* metálica, por la que entra la corriente, toca á esta rueda en los dientes, y deja de tocarla en los intérvalos entre ellos, y la corriente que entra por esta pieza, sale por el estremo *B* opuesto del eje *A*; encima de este eje *A*, y apoyando en la pieza *E*, hay una porcion de teclas como la *L*, y en cada una está escrita una letra ó un signo cualquiera. Supongamos que el aparato no funciona; la palanca *C*, enganchando en la rueda *B*, impide al eje su movimiento; pero comprimiendo una tecla, la pieza *E* baja paralelamente á si misma, para lo cual está sostenida en las palancas articuladas *N*; en tal caso, baja el punto *P*, la palanca *C* suelta á la rueda *B*, y el eje *A* gira por el impulso que le comunica el mecanismo de reló unido á él, haciendo tambien girar á la rueda *H*, que va tocando con sus dientes á la pieza *R*, cerrándose el circuito cuando los toca, y abriéndose cuando pasa un intérvalo; de

modo que resultan tantas señales en el receptor como veces se abra y cierre el circuito; pero el eje *A* tiene unos dientes *T* colocados á igual distancia y formando espiral, los cuales están en frente de los de la rueda *H;* además, las teclas tienen tambien otro diente en la parte inferior, que corresponde con uno del eje, y asi, suponiendo la tecla *L* comprimida, se suelta como hemos dicho la rueda *B*, y gira el eje, pero cuando haya girado una cierta cantidad, llega el diente que corresponde á la tecla comprimida á engancharse con el de esta, y deja de girar; hasta que esto suceda, habrá girado tambien la rueda *H*, abriendo y cerrando el circuito las veces que es necesario para señalar en el receptor la misma letra que tiene la tecla comprimida, y por tanto la aguja de este receptor habrá marcado todas las letras hasta la que se quiere trasmitir, y la pausa que en esta se haga comprimiendo la tecla el tiempo necesario, indicará la letra que debe entenderse: comprimida otra tecla, vuelve á su posicion natural la primera, y suelta el diente del eje que enganchaba; entonces gira otra vez este eje hasta engancharse como antes en la nueva tecla comprimida, y se trasmite otra letra distinta; cuando no se comprime ninguna tecla, la pieza *E* impelida por un muelle *V*, se eleva, y subiendo el punto *P*, hace que la palanca *C* enganche de nuevo á la rueda *B*, y el aparato quede en reposo. Como se ve en la figura, todo el mecanismo está cerrado en una caja sobre la que salen las teclas, que están en dos filas sobrepuestas para que ocupe el aparato menos espacio; las teclas de la parte superior comprimen lo mismo la pieza *E*, para lo cual pasa por entre las de abajo una parte saliente de ellas: en *M* está el receptor, y en *J* el aparato de alarma; los alambres de la línea se unen á los botones *H*, y los de la pila á los *F;* por *K* se da cuerda al aparato de relojería que pone en movimiento el eje *A*; conmutadores colocados sobre el manipulador, con los conductores necesarios, hacen llegar la corriente al receptor ó á la alarma y ponen el aparato para recibir ó para comunicar lo mismo que en la *figura* 593 que se ha esplicado antes (1065).

1069. Modificaciones del telégrafo de Morse. El telégrafo de Morse tambien se hace doble, de modo que dos estiletes que se mueven con sus respectivos manipuladores forman en la banda de papel dos líneas de signos, que combinados entre sí, trazos con puntos segun la línea en que se encuentran, dan las distintas letras: los manipuladores se mueven en este caso con las dos manos, y los aparatos son como el simple (*fig*. 595). Se ha propuesto sustituir el manipulador de este sistema con un tablero de madera, en el cual se encuentran incrustadas unas piezas metálicas formando los signos que han de trasmitirse (*figura* 616); por ejemplo, en el tablero *S* se ponen las piezas de dos diferentes dimensiones, que combinadas han de formar los signos convenidos para la trasmision, representando trazos y puntos; todas estas piezas comunican con un boton *N* al que se une el polo de la pila; y el de la línea se une á una lengüeta ó banda metálica *C* que se toma en la mano; resbalando esta lengüeta por encima de las

Fig. 616.

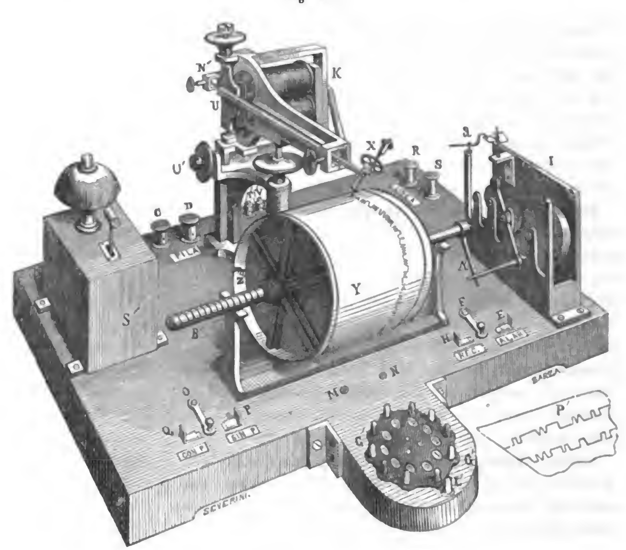


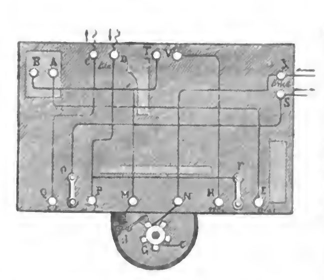
piezas metálicas del signo que se quiere trasmitir, la corriente pasa todo el tiempo que *C* se encuentre sobre metal, y deja de pasar todo el tiempo que *C* esté sobre madera; cuando resbala por una pieza de las mayores estará mas tiempo cerrado el circuito y se marcará un trazo en el papel del receptor, y cuando resbala por uno pequeño, se marcará un punto en el papel; para recibir, se mete la pieza *C* en un boton *D* que comunica con el receptor. Puede tambien disponerse el manipulador de Morse, con un cilindro que está unido á la pila; encima de este cilindro apoya una lámina de cobre unida al alambre de la línea, y entre esta lámina y el cilindro se hace pasar una tira de papel, en la que con un saca-bocados se han hecho agujeros largos ó cuadrados, formando signos iguales á los que han de resultar en la trasmision: cuando pase por debajo de la lámina un agujero del papel, se encontrará esta en contacto con el cilindro y pasará la corriente, pero cuando pase el papel, no habrá contacto metálico, y el circuito estará interrumpido: la tira de papel se va haciendo correr, arrollándola en un cilindro por medio de un manubrio que se mueve á la mano ó dándole movimiento con un mecanismo de relojería. Pudieran citarse todavía algunas otras disposiciones.

1070. Telégrafo de Froment. En la parte superior (*fig.* 617) se ve el aparato completo, y debajo en menor escala los diferentes conductores y el interior del manipulador: en las dos figuras, iguales letras representan la misma cosa. Se compone este aparato, de un electro-iman *K*, que atrae la pieza *U*, la cual gira sobre un eje: esta pieza tiene unida una palanca que lleva en su estremo un lapicero *X*, dispuesto para que el lapiz se sostenga bien y pueda bajar cuando se gasta: debajo de este lapiz hay un cilindro *Y*, al que se une un papel por medio de dos cuerdas tirantes con resortes *Z* unidos al eje: una máquina de reló en *I* hace girar á la pieza *I′*, que engancha en una palanca *A′* unida al eje del cilindro *Y*, el cual gira y va presentando el papel debajo del lapiz; pero tiene rosca este eje en la parte *B′* y hay tornillo en el soporte, de modo que al mismo tiempo que gira, va avanzando, y asi, cuando ha dado una vuelta entera no viene el lapiz á pasar por el punto que antes habia marcado: el movimiento en *I* se puede parar por medio de un corchete a que engancha en el volante; el manipulador es lo mismo que el de cuadrante (1052), pero la rueda *G* tiene solo 5 dientes, que cuando tocan á la pieza *J* cierran el circuito, abriéndose cuando *J* se encuentra enfrente de un espacio entre dos dientes de *G*; esta rueda se mueve con un disco *G′* que tiene 10 botones de dos colores distintos y alternados, cuando los de un color se ponen delante de otro boton *L′* fijo en el esterior de la caja, está cerrado el circuito, y cuando se ponen los del otro, está abierto; delante de los botones hay unos agujeros que descubren un número que sirve para indicar las veces que se abre y cierra el circuito desde el boton que se toma hasta llegar con él á *L′*. Puesto en movimiento el cilindro *Y*, desenganchando el corchete a, el lapiz traza una línea; haciendo entrar la corriente, la pieza *U*, atraida por el electro-iman *K*, hace mover á la derecha el lapiz, trazando una línea en direccion de su movimiento; siguiendo despues el del tambor, traza el lapiz una línea hasta que, dejando de entrar la corriente, la pieza *U* no es atraida y vuelve á su posicion primera por la presion de un resorte *N′* en el estremo de la palanca: en este caso traza el lapiz una línea que forma ángulo con la que trazaba, de modo que

los signos formados por el lapiz son, dos líneas en direccion de las circunferencias de las bases del tambor cuando está abierto ó cerrado el circuito, y líneas en direccion de las generatrices en el momento de abrir ó cerrar el circuito como se marca en *P'*; cuando el tambor ha dado una vuelta entera, se traza otro ren-

Fig. 617.





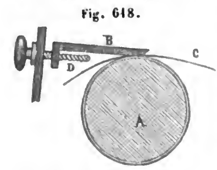
glon separado del primero, porque el movimiento de traslacion del eje, hace que los renglones formen una espiral en el papel. En este aparato, á los botones *R* y *S* se unen los alambres de la línea, los *T* y *V* son los del electro-iman *K*; á los *C* y *D* se unen los de la pila, y á los *B* y *A* están unidos los alambres de la alarma *S'*, igual á la esplicada (*fig.* 597): los puntos *M* y *N* son los que unen los alambres del manipulador con el receptor, y en *F* y *O* están los conmutadores, que se ponen sobre *E* ó *H* y *P* ó *Q*: el aparato dispuesto para recibir señal en la alarma, tendrá el conmutador *F* sobre *E* en donde está escrito *alarma*, y el *O* sobre *P*, donde dice *sin pila*, estando en contacto la rueda *G* con la pieza *J*; en este caso, la corriente que entra por *R* tiene que llegar á *N*, y por *G* á *J M* y *B*,

donde haciendo sonar la alarma, sale por *A E F P O* y *S* á la línea; para recibir comunicacion, se pasa *F* sobre *H* donde dice *receptor*, se deja *O* sobre *P* y *G* tocando á *J*, y se desengancha el corchete a para que gire el cilindro *Y*; de este modo la corriente viene por *R N G J M* y *T* al electro-iman *K*, donde hace mover el lapiz como ya hemos dicho, y sale por *V H F P O* y *S* á la línea; para comunicar, se pone *O* sobre *Q* donde dice *con pila*, y *F* sobre *H*; así dispuesto, la corriente de la pila entra por *D F H* y *V* al receptor, donde hará las señales que debe repetir en la otra estacion, pero si no se quiere que las haga se levanta la palanca *UX* que tiene para esto una articulacion en *U'*: de todos modos la corriente sale por *T M J* al manipulador, donde se abre ó cierra para producir las señales, pasando por este y *G N R* á la línea y por ella á la otra estacion, donde entra en el receptor, y despues de formar en este el signo, vuelve por *S O Q* y *C* al otro polo de la pila. Las señales marcadas por el lapiz pueden combinarse de muchas maneras para que representen un alfabeto.

1071. Aparato de Dujardin. El aparato ideado por Dujardin es semejante al de Morse: un cilindro, que sostiene una hoja de papel, gira como en el telégrafo de Froment (*fig.* 617); debajo hay una palanca que lleva, en lugar del estilete que se coloca en el de Morse, una pluma ó punta con algodon, la cual en su posicion natural está dentro de un recipiente que contiene tinta: al entrar la corriente, la pluma da un golpe en el papel y forma un punto; por el número de ellos y sus distancias respectivas, pueden diferenciarse los signos. El manipulador es como el de Morse. Tiene la diferencia sobre los demás aparatos, que enfrente del electro-iman hay una barra imantada, que al entrar la corriente es repelida por este, y hace tocar la pluma al papel; esta modificacion, ninguna ventaja ofrece.

1072. Telégrafos electro-químicos. Estos aparatos se fundan en la accion que ejerce la corriente eléctrica sobre las sales (963), de modo que buscando una que por la accion del fluido eléctrico se convierta en un nuevo cuerpo de color diferente, se obtendrán señales con facilidad: Bain fue el primero que trató esta cuestion, y Pouget ha modificado despues el sistema. El papel propuesto por este último se prepara del modo siguiente: cortado en tiras como para el aparato Morse se empapa en una disolucion, que en 100 partes de agua contenga 150 de nitrato de amoniaco cristalizado y 5 de prusiato de potasa; el papel así obtenido se conserva bastante húmedo á causa del nitrato de amoniaco que se pone para este objeto, y está suficientemente ácido para dar paso á la corriente sin atacar los metales que tiene que tocar. El aparato es semejante al de Morse: un cilindro metálico *A* (*figura* 618) gira con un mecanismo de relojería; este cilindro está unido al polo negativo de una pila local (1062), pues el fluido de la línea no tendria bastante tension para producir signos bien marcados; el aparato de esta pila local unirá el polo positivo á la barra metálica *B* cuando llegue la corriente, para lo cual la palanca móvil *B* (*fig.* 613) estará unida á este polo, y tocará á la barra cuando sea atraida por el electro-iman: el papel preparado *C* pasa entre *A* y *B*, y al cerrarse el circuito de la pila local, atraviesa la corriente desde *B* al cilindro *A* por el

Fig. 618.



papel, formándose azul de Prusia con la sal de que está impregnado, y marcando por tanto un trazo azul mas ó menos largo, segun el tiempo que pase la corriente; el tornillo *D* arregla la barra: el manipulador es el mismo que en el aparato Morse, y los signos tambien iguales.

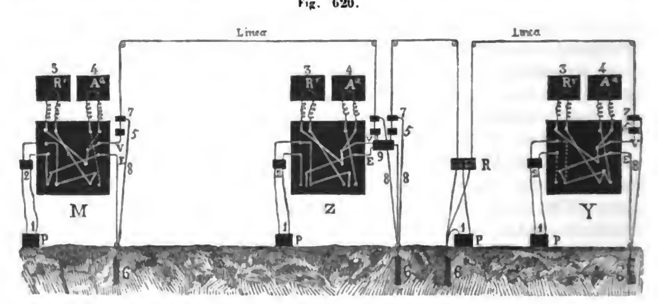
1073. Aparato escritor. Varios de los aparatos que hemos esplicado pueden llamarse escritores, porque forman signos sobre un papel; pero el que vamos á indicar puede formar letras. Supongamos un aparato semejante al de Froment (*fig.* 617), y que el lapiz *X*, sustituido por un punzon metálico, no tiene movimientos laterales; si el cilindro *Y* avanza muy poco, las diferentes líneas que sustituyen á los renglones se forman muy juntas: pongamos dos aparatos iguales en las dos estaciones que se han de comunicar; sobre el cilindro de la estacion que comunica coloquemos un papel metálico en el cual esté escrito el despacho con una tinta formada de cuerpos aisladores; unamos el cilindro á la pila y el estilete á la línea: cada vez que este estilete pase por encima de una letra, se abre el circuito, y cuando pase por encima de la hoja metálica se cierra; si en el cilindro de la otra estacion se ha puesto un papel impregnado de prusiato de potasa (1072), el estilete formará sobre él líneas azules, interrumpidas cuando pasa el otro estilete por las letras y se rompe el circuito: y como estas líneas se marcan muy juntas, harán un papel azul con las letras blancas. Tambien puede ser al revés, escribiendo con una tinta que forme un cuerpo buen conductor, sobre un papel aislador.

1074. Aparatos impresores. Se ha tratado de formar un aparato que deje impreso el despacho trasmitido, habiéndose propuesto varios métodos: supongamos una rueda que tiene en su circunferencia las letras que se han de imprimir; esta rueda gira, y va presentando en un punto las diferentes letras; cuando se encuentre la que se ha de comunicar en este punto, un papel se pone en contacto con ella y queda marcada; este es el principio en general: pero de los varios aparatos propuestos no hay ninguno bastante sencillo, y que ofrezca marcadas ventajas para poderse adoptar; por eso no entramos en mas esplicaciones sobre ellos.

1075. Varios aparatos. Se han querido formar telégrafos acústicos, esto es, aparatos que produzcan sonidos que sirvan de signos para la trasmision; tadas las campanillas pueden servir para este objeto (1057), cuando son pocos los signos que deben trasmitirse, pero si se trata de comunicaciones completas, solo podrán servir las que no dan mas que un golpe cada vez que se cierra el circuito (*figura* 597); con estos podria formarse un alfabeto con diferente número de golpes y espacios entre ellos, mas ó menos largos; tambien podria servir del mismo modo el aparato *figura* 598, pero sería necesario un oido muy ejercitado para contar ó apreciar números distintos de golpes. El aparato de Morse ó de Dujardin (1071) sirve tambien para este objeto, sustituyendo la pluma ó estilete con un martillo, y poniendo encima un timbre; y facil es concebir que algunos otros aparatos de los esplicados, podrian convertirse lo mismo en campanillas. Tambien se ha pretendido hacer las trasmisiones por medio de placas ó paletas que produjeran vibraciones, dando en una estacion el sonido de igual nota que en la otra: estos aparatos y otros muchos propuestos, no se encuentran hoy dia en el caso de poder sustituir á los que están en uso, y por tanto no nos ocuparemos mas de ellos.

1076. Línea completa. Conocidos todos los aparatos que forman una estacion, vamos á ver cómo están colocados estos aparatos y dispuesta una línea completa: fijémonos primero en los del sistema francés, que son los que presentan alguna mas complicacion en el establecimiento de las estaciones, tomando el manipulador igual al que hemos indicado en la *figura* 593, á la cual miraremos para la direccion de los conductores cuando las letras que los indican no están marcadas en la *figura* 620, que representa la línea completa. Supongamos dos estaciones

Fig. 620.



estremas *M Y*, y una intermedia *Z*; las pilas 1 comunicarán con un conmutador 2, que servirá para pilas (1058), y los alambres de los dos polos pasarán al manipulador, el cual estará en comunicacion con el receptor 3 y con la alarma 4 por medio de los conductores correspondientes; los alambres de la línea salen por *V* y *E*, el primero *V* al galvanómetro 5, que debe ponerse (1059), y el segundo *E* á la plancha de tierra 6, dispuesta con las condiciones necesarias (1046); el *V*, despues del galvanómetro pasa el para-rayos 7, que tendrá (1060) un alambre de tierra 8, y desde aquí pasa á la línea hasta la estacion inmediata. En la intermedia *Z*, los alambres *V* y *E* despues del manipulador pasan al conmutador de línea 9, necesario en este caso (1058), y desde este el *E* á la tierra, y el *V* va á unirse con los que vienen de las estaciones estremas. Si en la línea se necesitan pilas de reemplazo (1063), se colocan como se indica en *R*; la línea se encontrará interrumpida y entrará en el aparato, que tendrá su pila 1 con un polo unido á la tierra y otro al aparato; los electro-imanes de este tendrán un estremo de sus alambres en comunicacion con la tierra. Se supone en la figura que *M* es la estacion que comunica, indicando en puntos los conductores que en este caso no entran en el circuito; que *Y* es la estacion que recibe, indicando del mismo modo los conductores; y que *Z* es una estacion que por medio del conmutador 9 está fuera del circuito ó no impide el paso de la corriente de *M* á *Y*. Vamos á referirnos en el resto de la esplicacion á las dos *figuras* 593 *y* 620. Para comunicar desde *M* se pondrá el conmutador *K* sobre *I* uniendo el receptor, para ver tambien en el de *M* los signos trasmitidos, y *F* sobre *J* con la pila; en la estacion *Y* y *Z* estará *K* sobre *P* en comunicacion con la alarma y *F* sobre *G* sin pila (1065); dando una vuelta al manubrio de *M*, sale la corriente, que no pasará de *Z*, donde hará sonar la alarma; en seguida en *M* se pasará *F* sobre *G* para recibir, y en *Z* se pasará *F*

sobre *J* y *K* sobre *I* para hacer á *M* la señal de que ha entendido, y despues se hará la conmutacion en el aparato 9; en tal caso *M* pasa *F* sobre *J*, y dando una vuelta al manubrio hará sonar la alarma de *Y*; entonces en este punto se pasa *F* sobre *J* y *K* sobre *I* para avisar que se halla dispuesto á recibir el despacho; y se pasa *F* sobre *G* para recibirle; en seguida se envia la comunicacion desde *M*, y cuando haya concluido, se volverá en *Y* el conmutador *F* sobre *J* para avisar á *M* que ha recibido, y en *M* se pondrá *F* sobre *G* para recibir este aviso. En este tiempo en *Z*, si pasa el aviso por el receptor, se sabrá cuándo ha concluido, y si no pasa, que será lo mas general, lo cual depende del conmutador, segun ya sabemos, el galvanómetro advertirá que están comunicando las estaciones estremas: cuando este aparato deje de advertir, ó cuando se reciba aviso con el comunicador (1064) si se encuentra establecido, deberá *Z* ponerse en comunicacion con las dos, para recibir de ellas si es necesario: si hay mas de una estacion intermedia, desde *M* se advierte á la primera que ponga en comunicacion con la siguiente y despues á esta que haga lo mismo con la otra, y así de las demás hasta que se encuentre establecida la comunicacion con la que se desea: lo mismo será para las intermedias entre sí. En el caso que hemos supuesto de comunicar *M* con *Y*, la corriente sale de la pila 1 y pasa por *YGKIU* al receptor, donde hace la señal que ha de repetir la otra estacion, saliendo por *XOHV* á la línea; por ella llega al conmutador 9 y sale á la línea hasta la estacion *Y*, donde entra por *VHOX* al receptor, hace la señal, y sale por *UIKGFE* á la plancha de tierra 6, y desde esta por la misma tierra á la plancha 6 de *M*, desde la cual por *EFJZ* vuelve al otro polo de la pila, y el circuito está completo. Cuando la alarma ha de sonar en *Y* al principio de la comunicacion, está el conmutador *K* sobre *P*, y en tal caso hay una pequeña variacion en el circuito, pues entrando la corriente en *Y* por *V* como antes, pasa por *H* y *T* á la alarma, y sale por *QPKGFE* á la plancha 6 como en el caso anterior. Si suponemos la sustitucion de pilas *R*, llega la corriente á ella por la línea y desde aquí pasa á la plancha de tierra 6 de este aparato, para completar el circuito con la plancha 6 de *M*; la pila 1 de *R* envia su corriente por la línea, á entrar en *Y* por *V*, desde donde pasa como hemos dicho antes al receptor ó á la alarma, y sale por *E* á la plancha 6 de *Y*, pasando por la tierra á la plancha 6 de *R*, y está cerrado el circuito. Es evidente que todo pasará lo mismo si es *Y* la que comunica y *M* ú otra cualquiera la que recibe. En la estacion intermedia se conoce por el galvanómetro cuál es la que comunica: tambien puede conocerse poniendo cada alambre de las diferentes líneas, que pueden ser mas que dos, unido á un aparato como el de la *figura* 613 para que hagan pasar la corriente de una pila local por la alarma; de este modo no se necesita mas que una para todas las líneas, pues sonará cuando la corriente venga de cualquiera de ellas, y para saber cuál es la que comunica se pondrá una señal que se mueva con la palanca en cada uno de los aparatos que unen la pila. Si es el sistema inglés, los dos alambres de la pila se pondrán en comunicacion con el aparato *figura* 594, uniéndolos á *F* y *G*; el alambre *V* de la *figura* 620 al boton de *S* y desde este punto atravesará el aparato de alarma que tendrá el conmutador marcado en la *figura* 602 para que la corriente entre en él cuando sea necesario; desde aquí pasará por el galvanómetro y luego al para-rayo, saliendo á la línea; el alambre *E* de tierra se unirá al boton *Y* del aparato y que-

da el circuito completado. Cuando es la estacion intermedia, se pondrá el conmutador despues de la alarma, y si este conmutador hace llegar la corriente al aparato, suelen los ingleses añadir un pequeño conmutador que llaman aparato de silencio, y está reducido simplemente á establecer comunicacion entre *S* y *P* (*figura* 594) por medio del boton *U;* de este modo la corriente que viene por *X* pasa á *P* y no entra en *R*, por cuya razon no se recibe el despacho en la estacion intermedia. Cuando el aparato es de doble aguja, necesita dos alambres de línea y otros tantos de tierra, lo mismo que dos estaciones, pero solo se pone una pila, haciendo comunicar las lengüetas *F* de los dos aparatos para unir á ellas un polo, y las dos *G* para unir el otro, de modo que son 6 los botones que resultan, como se marca en la figura, colocando tres de cada lado: para poner este aparato en la línea, se unirán los dos alambres *V* de línea á los dos botones *S*, que estarán uno en cada lado; los dos alambres *E* de tierra á los *Y* del aparato, que estarán tambien uno en cada lado; un polo de la pila se unirá al boton de *F*, cuyo conductor pasará á unirse con la lengüeta *F* del otro aparato, y finalmente, el otro polo de la pila se unirá al boton de *G*, que comunicará tambien con la lengüeta *G* del otro aparato; estos dos botones para los polos de la pila estarán colocados, lo mismo que los otros, uno en cada lado de la caja. Si es el sistema americano (*fig.* 595), el alambre *N* se unirá al *K* del manipulador y el *M* se unirá á *V* de la *figura* 620, y de aquí pasará al aparato de alarma, si tiene el conmutador como el de la *figura* 602 para el sistema inglés; si no, se pondrá unido al aparato que lleve el conmutador de alarma; despues pasará el alambre al galvanómetro, para-rayos y línea: el *X* del manipulador se une á un polo de la pila. Los aparatos deben tener un conmutador que establezca comunicacion entre el alambre *E* de tierra y el polo libre de la pila, ó el alambre *N:* la estacion que comunica pone el conmutador, uniendo *E* con el polo, y la que recibe unirá *E* con *N:* en tal caso pasa el fluido desde un polo de la pila por *X* al manipulador en *T* y *K*, y luego al receptor en *N* saliendo por *M* á la línea, para llegar al receptor de la otra estacion por *M* y salir por *N* y *E* á la tierra, desde donde pasa al polo de la pila, que está unido á la tierra en *E* de la estacion que comunica; si se establece en el receptor de esta estacion una union metálica entre *M* y *N*, pasará la corriente á la línea y no formará señales en el receptor de donde se comunica.

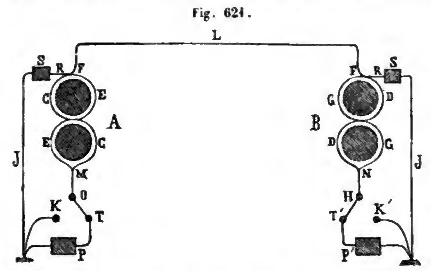
1077. Interrupciones en la línea. Algunas veces sucede que la corriente, que entra en un estremo de la línea, no llega al otro estremo, y en tal caso es necesario buscar dónde se encuentra la interrupcion; puede provenir esta, de que el alambre se rompa ó de que se ponga en comunicacion con la tierra, haciendo pasar toda la corriente á ella: en el primer caso, como el circuito está roto, los aparatos de la estacion que comunica no funcionarán; en el segundo, estos aparatos funcionarán por encontrarse completo el circuito con la tierra, pero no llegará la corriente á la estacion que le debe recibir. Al examinar la causa de una interrupcion, debe lo primero observarse si en la misma estacion existe, y para ello se desata el alambre interior, del que sale á la linea; el estremo desatado se pone en comunicacion con un galvanómetro, y este con la tierra, y se une la pila al aparato donde debe unirse; en este caso el circuito está formado con todo el alambre y conductores que contienen los aparatos, y con el que en el

interior de la estacion llega al esterior; si haciendo pasar la corriente, el galvanómetro da señal, es prueba que el fluido circula sin interrupcion, pero deberá verse si los grados marcados por la aguja son los que debe marcar con la pila que se use, porque en el caso contrario, ó esta no funciona bien, ó hay algun contacto mal hecho, ó hay derivacion, lo que será necesario remediar: si no los marca, para ver si proviene el inconveniente de la pila se unen sus polos al galvanómetro, y así se conoce si produce ó no la intensidad que debe producir; si esta funciona bien, se registran los contactos y los alambres hasta encontrar por dónde se pierde ó por qué punto no pasa bien la corriente: esta prueba nos hace ver que el alambre no está roto; pero si la aguja no se mueve, podrá provenir de que el alambre esté roto ó de que haya una derivacion; en este caso se pone el galvanómetro inmediatamente despues de los aparatos, y se hace la misma prueba; si se mueve la aguja tanto como debe moverse, la interrupcion está en la parte del alambre fuera del aparato, pero si todavía no se mueve, está dentro; con esto sabremos dónde registrar los alambres para ver si están rotos, y en caso que no lo esten, buscar por dónde se pierde el fluido. Cuando no se encuentra la interrupcion en la estacion, deberá estar en el alambre de la línea ó en la otra estacion; en el último caso podrá remediarse pronto la interrupcion, porque se repetirán en esta otra estacion los mismos esperimentos que hemos dicho. Si está en la línea, podrá haberse roto el alambre, ó comunicar con la tierra. Cuando se rompe el alambre, no pasa la corriente; pero como lo mas natural será que al romperse caiga al suelo una parte, tocando tambien á los postes y á los demás alambres, la comunicacion con la tierra será perfecta y el galvanómetro hará señales, indicando una desviacion mayor que cuando la línea está entera, porque el fluido no tiene que pasar tanto alambre; en este caso puede hacerse un cálculo que indique aproximadamente el punto de ruptura; el cociente que resulta de dividir el ángulo que debe hacer el galvanómetro y el nuevo que hace, se multiplica por la estension de la línea, y esta será próximamente la distancia buscada: por ejemplo, si se rompe entre Madrid y Alicante, cuya distancia es 455 kilom., suponiendo que cuando no está roto, el galvanómetro marca un ángulo de 24°, y luego 30, tendremos $(24:30)\times 455=364$; en este caso se envian vigilantes que recorran la línea, sobre todo en el punto donde se supone que debe existir la interrupcion: y si hay otros alambres para comunicar á estaciones mas inmediatas, se avisa para que salgan de ellas los vigilantes: en el ejemplo que hemos propuesto se avisaria á Alpera, cuya distancia es 338 kilom., y á Almansa, que dista 358, para que recorrieran la línea hácia Alicante. Si la interrupcion proviene de corrientes derivadas, es necesario mandar desatar el alambre á diferentes distancias y en horas marcadas, para ver si, aislado el estremo, hace indicaciones el galvanómetro; cuando las hace, hay derivacion antes del punto desatado, y cuando no, está despues la derivacion; llevando un galvanómetro y uniéndole al estremo del alambre desatado de la línea, haciendo comunicacion con la tierra, se verá si la corriente llega ó no, y si tiene toda la intensidad que corresponde, ó llega debilitada. Cuando los alambres se ponen unos con otros en comunicacion, los aparatos, ó por lo menos los galvanómetros unidos á los alambres que se comunican, harán indicaciones cuando la corriente se haga pasar por uno de ellos; segun la desviacion del galvanómetro por donde se hace pasar la corriente podrá próxi-

mamente calcularse la distancia al punto donde están unidos los alambres. Con las reglas que dejamos indicadas podrán encontrarse las interrupciones, y con la práctica y conocimiento de las líneas y los aparatos, podrá en casos particulares emplearse algun otro medio que dicte el buen sentido á los encargados de las estaciones.

1078. Comunicacion en dos direcciones contrarias. Hemos dicho (1046) que se habian hecho ensayos para comunicar á un tiempo en dos direcciones distintas con un mismo alambre; y son varios los métodos que se han propuesto: uno, que ha producido muy buenos resultados, consiste en formar los carretes de los electro-imanes *A* y *B* (*fig.* 621) que componen los receptores, de dos alambres iguales *CE* y *GD* arrollados en sentido contrario y dando el mismo número de vueltas; los estremos *M* y *N* del mismo lado de estos alambres en cada estacion se reunen y sujetan á los botones *O* y *H*; uno de los otros estremos *F* va á la línea, y el cuarto *R* á la tierra, pasando antes por un reóstata *S* (958); conmutadores en *O* y *H* ponen los alambres *M* y *N* en comunicacion con las pilas *P* y *P'* por *T* y *T'* ó con la tierra por *K* y *K'*; poniendo *O* sobre *T* con la pila y *H* sobre *K'* con la tierra, y saliendo la corriente de *P*, llega al electro-iman *A* y se divide en dos, marchando en sentido contrario por los dos alambres *C* y *E*, de modo que si se hallan estos en condiciones iguales de resistencia, el electro-iman no se imantará porque se destruirá la accion de una corriente con otra (981); esto se conseguirá con el reóstata *S*, al que se podrá dar mas ó menos estension de alambre, que deberá ser bastante delgado: pero de las dos corrientes, una pasa á la tierra por *J* y otra por *L* al electro-iman *B*, el cual se imantará porque no pasa la corriente mas que por uno de sus alambres *D*, saliendo de él por *K'* á la tierra: dispuestos los aparatos como dejamos dicho, vemos que puede comunicarse de una estacion á otra como en los demás aparatos telegráficos, pues cambiando *H* sobre *T'* y *O* sobre *K*, comunicará *B* á la estacion *A* lo mismo que acabamos de decir: solo habrá la diferencia de que en el receptor de la estacion que comunica no se producirá señal. Supongamos ahora que de una y otra estacion se comunica, para lo cual se pondrá *O* sobre *T* y *H* sobre *T'* como marca la figura; en este caso pasan á la linea dos corrientes en sentido contrario, una por *C* y otra por *D*, que si son iguales se destruyen, y entonces, los electro-imanes de las dos estaciones se imantan con las corrientes que desde las pilas pasan por *EJ* y *GJ* á la tierra; y no es necesario que las corrientes contrarias de la línea sean perfectamente iguales, pues si hay una diferencia, pasará algo de la mayor á destruir parte del efecto que produce la de tierra en la otra estacion, pero no llegará naturalmente á destruirla. Los electro-imanes *A* y *B* pueden ser los de un receptor cualquiera, por ejemplo el de Morse, y es facil concebir que en el mo-

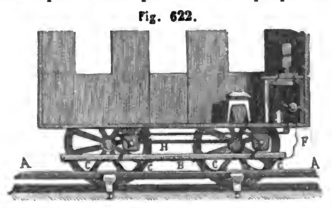
Fig. 621.



mento en que se rompa el circuito, la corriente que pasará sola por *L* imantará el electro-iman correspondiente, como hemos dicho al principio, y cuando pasen las dos corrientes á un tiempo imantarán á *B* y *A* las corrientes que pasan por *E* y *C* produciendo las señales. Este sistema tiene inconvenientes en la práctica, no precisamente por los aparatos, sino en los detalles materiales de recepcion y trasmision, y por eso no se ha establecido con él ninguna línea: en la esposicion universal de París se presentaron aparatos como el esplicado.

1079. Aparatos para trasportar. En los caminos de hierro es enteramente indispensable establecer una línea telegráfica por muchas razones, y entre otras, la principal, porque sabiendo dónde se encuentran los trenes, pueden los jefes de estacion evitar los choques, haciendo detener ó marchar segun convenga á los que están sobre el camino; aún mas necesario es el telégrafo cuando el camino tiene solo una via, porque hay mayor posibilidad de choques: esta razon unida á la economía de material que resulta en la esplotacion cuando hay telégrafo, y á otras ventajas que proporciona, han hecho que se establezcan en todos los caminos de hierro, grandes ó pequeños, telégrafos con mas ó menos alambres, que siguen paralelos á la via. Puede suceder, á pesar de todas las precauciones posibles, que un tren necesite socorro, por sobrevenirle cualquier accidente; en este caso, si va provisto de un aparato telegráfico, formará estacion en cualquier punto, y poniéndose en comunicacion con el alambre de la línea, avisará instantáneamente pidiendo auxilio, y noticiando su desastre para que un nuevo tren no venga acaso á chocar con él. Los aparatos para trasportar se componen de una caja en cuyo fondo va la pila, de arena ó de Daniell, y en este último caso los pares se llevan tapados con corchos para que no se derramen los líquidos; encima va el manipulador de cuadrante (1052), y en la tapa, que abierta queda vertical, está colocado el receptor; el alambre de tierra se une á la misma via de hierro por medio de un alambre terminado en una cuña metálica que se mete entre dos barras del carril, y el alambre de línea se hace comunicar por una varilla terminada en gancho, al que en la estension del camino está en comunicacion con todas las estaciones; de este modo la corriente del aparato se deriva á los dos lados por el alambre de la línea, y pasa á las dos estaciones mas inmediatas al mismo tiempo. Hace pocos años que Bonelli ha propuesto un medio de comunicar con las estaciones desde un convoy de camino de hierro en marcha: su sistema (*figura* 622) consiste en colocar en toda la estension del camino, entre las dos barras, una tercera *A* sostenida en aisladores de arcilla ó porcelana *D*, la cual es chata y de bastante grueso segun la distancia á que deba hacerse la comunicacion; debajo del carruaje que conduce el aparato telegráfico hay una pieza *B* gruesa de madera y larga como el carruaje, la que puede bajar y subir paralelamente á sí misma por medio de un manubrio colocado á imediacion del telégrafo; este liston de madera lleva en la parte inferior 4 resortes metálicos *C* colocados en toda su estension, los cuales están unidos uno á otro, y al primero se une tambien el alambre *F* de un polo de la pi-

Fig. 622.



la; bajado este liston, los resortes tocan á la barra aislada y la ponen en comunicacion con la pila, sirviendo por lo tanto esta barra como alambre de línea: el otro polo, que debe unirse á la tierra, lo está á una barra *H* en contacto con los dos ejes del carruaje, que establecen comunicacion al suelo por las ruedas.

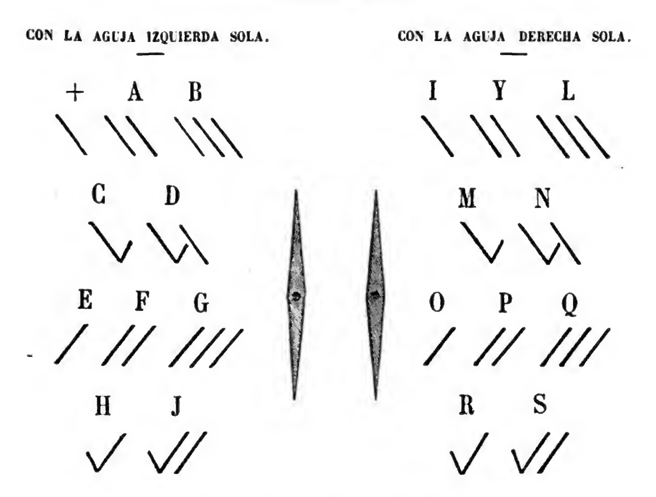
1080. Alfabetos. Damos á continuacion los alfabetos adoptados para los diferentes sistemas de telégrafos que no marcan directamente las letras.

ALFABETO PARA EL TELÉGRAFO DE AGUJAS FRANCÉS.

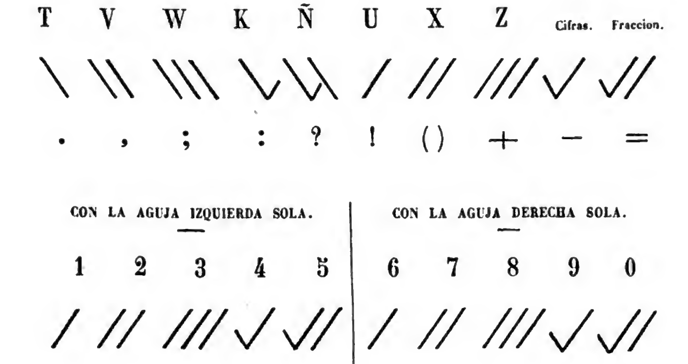
A	K	U	1
B	L	V	2
C	M	X	3
D	N	Y	4
E	O	Z	5
F	P	CH	6
G	Q	W	7
H	R	F^{L}	8
I	S	R^{o}	9
J	T	E^{R}	0

En España no se usa este sistema (*fig.* 588), pero el gobierno francés se vale de él todavía: la parte blanca de las agujas no se marca en los signos: cuando se indica la posicion de una sola aguja, se supone que la otra tiene su parte negra encima de la línea trazada entre las dos: el signo marcado F^{L} quiere decir *final*, el R^{o} es *recibido*, y el E^{R} *error* ó no entendido.

ALFABETO PARA EL TELÉGRAFO INGLES DE DOS AGUJAS.

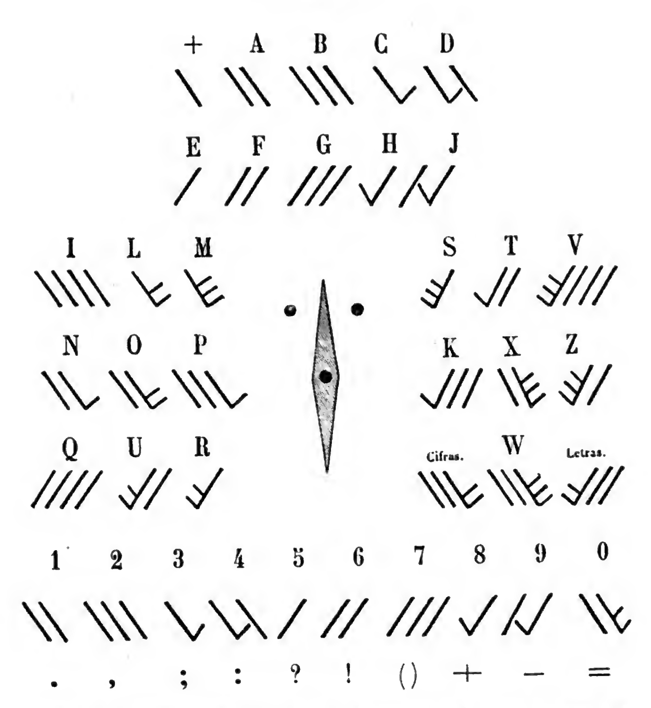


CON LAS DOS AGUJAS AL MISMO TIEMPO.



Este sistema está adoptado en España para la línea de Irun: en los signos, la línea mayor indica la primera posicion que debe tomar la aguja, y la menor, la que debe tomar despues; cuando hay que espresar números se marca ó *da* el signo *cifras* y al concluirlos tambien se repite; para indicar los signos ortográficos se *da* el primero, +, y al fin de ellos se repite.

ALFABETO PARA EL TELÉGRAFO INGLES DE UNA AGUJA.



Cuando el aparato telegráfico inglés tiene una aguja solo, se usa este alfabeto; para indicar números se da antes el signo *cifras* y despues el signo *letras*, y para indicar los signos ortográficos se da antes y despues el primero, +.

ALFABETO PARA EL TELEGRAFO DE MORSE.

a....	· —	n...	— ·
ä....	· — · —	ñ...	— — · — —
b....	— · · ·	o...	— — —
c....	— · — ·	ö...	— — — ·
ch...	— — — —	p...	· — — ·
d....	— · ·	q...	— — · —
e....	·	r...	· — ·
è....	· · — · ·	s....	· · ·
f.....	· · — ·	t....	—
g....	— — ·	u...	· · —
h....	· · · ·	ü...	· · — —
i.....	· ·	v...	· · · —
j.....	· — — —	x...	— · · —
k....	— · —	y...	— · — —
l.....	· — · ·	z....	— — · ·
m....	— —	w...	· — —

CIFRAS.

1....	· — — — —	6....	— · · · ·
2....	· · — — —	7....	— — · · ·
3....	· · · — —	8....	— — — · ·
4....	· · · · —	9....	— — — — ·
5....	· · · · ·	0....	— — — — —

PUNTUACION, SIGNOS CONVENCIONALES.

Punto....................................	· · · · · ·
Coma....................................	· — · — · —
Punto y coma..........................	— · — · — ·
Dos puntos..............................	— — — · · ·
Interrogacion ó repeticion............	· · — — · ·
Admiracion..............................	— — · · — —
Guion....................................	— · · · · —
Apóstrofo...............................	· — — — — ·
Linea de division......................	— — — — — —
Llamada ó indicacion de despacho....	— · — · — · —
Urgencia.................................	· · · · · · · · ·
Espera...................................	· — · · ·
Error.....................................	· · · · · · · · · · · · ·
Final.....................................	· — · — · — ·
Recepcion ó entendido................	· · · — ·
Telégrafo................................	· · · — · · ·

Ninguna advertencia es necesaria para que pueda entenderse el anterior alfabeto; se concibe que entre las letras debe dejarse un espacio mayor que entre los signos necesarios para marcarlas, y que deberá ser mayor todavía el que se deje entre las palabras.

1081. Historia. Concluyamos con algunas palabras sobre la historia de la telegrafía en general. Desde tiempo inmemorial ocurrió al hombre trasmitir su pensamiento á larga distancia, valiéndose para ello al principio de hogueras ó luces colocadas en tal ó cual punto elevado; pero este medio, demasiado imperfecto, solo podria comunicar un signo, ó cuando mas muy pocos. A fines del siglo pasado, Claudio Chappe inventó un aparato para comunicar con sus hermanos, distantes media legua, y este fué el origen del sistema de telégrafos, que presentado por el mismo Chappe. adoptó en Francia la Convencion nacional en 1793, y que tambien fue adoptado en Inglaterra tres años despues, y mucho mas tarde en España; se compone este telégrafo de una regla vertical colocada en punto elevado, á la cual se adapta otra en forma de cruz, pero que puede girar en el punto de union; esta segunda regla lleva en sus estremos otras dos formando tambien cruz, y que pueden girar igualmente en el punto de union, las cuales terminan en punta por un lado; la respectiva posicion de estas piezas todas forma signos diferentes, que vistos con un anteojo desde otra estacion, y reproducidos en ella, van trasmitiéndose de una en otra, desde la que comunica hasta la que recibe. En España se modificó despues este aparato formándole de dos bastidores colocados verticalmente con fajas horizontales en ellos; un tambor ó aro que sube y baja entre estos bastidores se coloca en diferentes posiciones con respecto á las fajas horizontales, y asi se producen los diversos signos. Estos telégrafos fueron de una grande importancia, á pesar de los inconvenientes que presentan, pues para trasmitir por su medio es necesario una atmósfera despejada y la luz del dia, siendo ademas lenta la trasmision, y muy costoso el establecimiento de una línea: tambien se ideó hacer la trasmision por medio de luces durante la noche. Estudiada la electricidad por varios físicos, y vista su estraordinaria velocidad al pasar por los cuerpos buenos conductores, se pensó hacer que este agente produjera signos distintos en un punto lejano del esperimentador, con el objeto de trasmitir el pensamiento: el francés Lesage, en Ginebra, ensayó en 1774 un telégrafo compuesto de alambres que estaban en comunicacion con electrómetros, y haciendo pasar la chispa de la máquina eléctrica por uno ú otro alambre, producia señal en el electrómetro correspondiente, marcando de esta manera los signos. Trece años despues estableció Lomond un telégrafo eléctrico en las habitaciones de su casa, pero no se conoce este aparato. En 1787 intentó Betancourt establecer uno desde Madrid hasta Aranjuez, valiéndose de las descargas de una botella de Leyden. En 1794 propuso el aleman Reiser iluminar cuadros centelleantes, donde se encontraran formadas diferentes letras valiéndose de alambres y descargas de botellas. El español Salvá se ocupó tambien de este asunto, y presentó una memoria á la Academia de ciencias de Barcelona, preparando al mismo tiempo un aparato eléctrico, todo lo cual resulta del siguiente párrafo que copiamos de la Gaceta de Madrid del martes 29 de noviembre de 1796. «El »Excmo. Sr. Príncipe de la Paz, que por todos medios desea fomentar los pro»gresos de las ciencias útiles en el reino, noticioso que el Doctor D. Francisco

»Salvá habia leido á la Real Academia de ciencias y artes de Barcelona una »memoria sobre la aplicacion de la electricidad á la telegrafía, y presentado al »mismo tiempo un telégrafo eléctrico de su invencion, quiso examinarle por sí »mismo, y satisfecho de la prontitud y sencillez con que se habla con él, propor»cionó al inventor la honra de hacerlo ver á los Reyes nuestros Señores al dia si»guiente, y en presencia de SS. MM. el mismo Sr. Príncipe hizo manifestar al »telégrafo las palabras que juzgó oportunas, con mucha satisfaccion de sus Reales »Personas. Pocos dias despues este telégrafo pasó al cuarto del Sermo. Sr. In»fante D. Antonio, y S. A. se propuso hacer otro mas completo, y averiguar la »fuerza de electricidad que se necesita para hablar con dicho telégrafo á varias »distancias, ya sea por tierra ya por mar; á este fin ha mandado S. A. construir »una máquina eléctrica cuyo disco tiene mas de 40 pulgadas de diámetro, con »los demás aparatos correspondientes, y con ella ha resuelto emprender S. A. »una serie de esperimentos útiles y curiosos, que le ha propuesto el mismo Doctor »Salvá, de los que á su tiempo se dará noticia al público.» No tenemos conocimiento de las noticias ofrecidas, ni tampoco del aparato inventado por Salvá. Descubiertas las corrientes eléctricas por Galvany en 1790, se pensó tambien utilizarlas para trasmision de signos; pero los medios propuestos por Soemering y otros no pasaron de ensayos. Ronalds en 1823 propuso un telégrafo valiéndose de las descargas de máquinas ó botellas, que presentaba una letra diferente á voluntad; pero el aparato no es bien conocido. El electro-magnetismo dió impulso á esta aplicacion eléctrica, y en 1828 propuso Saint-Amand poner en comunicacion Paris con Bruselas por este medio. En 1832 presentó Schilling en Rusia un telégrafo eléctrico, y en 1837 Morse presentó otro en América; en el mismo año Wheatstone tomó privilegio en Inglaterra por uno de su invencion, que fué establecido en seguida entre Londres y Birmingan, y de esta época puede decirse que data la telegrafía eléctrica, establecida tambien al mismo tiempo en los Estados-Unidos; Francia tuvo telégrafo eléctrico en 1845, y todas las naciones se apresuraron tambien á establecerle; en España el primero de alguna importancia fué el de Madrid á Aranjuez, construido al tiempo de poner en esplotacion el ferrocarril en principios de 1851. Ya hemos dicho que en 1850 se establecieron telégrafos submarinos, y en el dia se sigue estableciendo este medio de comunicacion; dentro de poco sin duda un alambre unirá los dos mundos, y el habitante de Londres podrá conversar con el de Filadelfia como si se encontraran en un mismo gabinete. La importancia y utilidad de la telegrafía eléctrica son inmensas, y las ventajas que ha producido no se pueden calcular, siendo de una utilidad grande en los caminos de hierro, en los que ha llegado á ser parte obligada é indispensable. Se trabaja con empeño para simplificar todavía mas los aparatos, y para hacer que las trasmisiones queden escritas de una manera que esté al alcance de todos; de modo que todavía no se puede decir hasta dónde llegará este invento prodijioso, que cada dia recibe modificaciones en sus detalles.



INDICE.

PRIMERA PARTE.

Propiedades de los cuerpos.

CAPITULO I.

IDEAS GENERALES.

CAPITULO II.

ESTENSION.

CAPITULO III.

IMPENETRABILIDAD.

CAPITULO IV.

DIVISIBILIDAD.

CAPITULO V.

MOVILIDAD.

CAPITULO VI.

INERCIA.

CAPITULO VII.

POROSIDAD.

CAPITULO VIII.

COMPRESIBILIDAD.

CAPITULO IX.

ELASTICIDAD.

CAPITULO X.

ATRACCION.

CAPITULO XI.

PROPIEDADES PARTICULARES DE LOS SOLIDOS.

CAPITULO XII.

PROPIEDADES PARTICULARES DE LOS LIQUIDOS.

CAPITULO XIII.

CAPILARIDAD.

CAPITULO XIV.

PROPIEDADES PARTICULARES DE LOS GASES.

CAPITULO XV.

APARATOS FUNDADOS EN LAS PROPIEDADES DE LIQUIDOS Y GASES.

CAPITULO XVI.

ACUSTICA.

SEGUNDA PARTE.

Calórico.

CAPITULO I.

PROPIEDADES GENERALES Y MEDIDA DEL CALORICO.

CAPITULO II.

RADIACION, REFLEXION Y TRASMISION DEL CALORICO.

CAPITULO III.

CALORICO ESPECIFICO. CALORICO LATENTE. CAMBIOS DE ESTADO DE LOS CUERPOS.

CAPITULO IV.

MANANTIALES DE CALORICO. INFLUENCIAS DEL CALORICO EN LA ATMOSFERA.

CAPITULO V.

HIGROMETRIA. METEOROS ACUOSOS.

CAPITULO VI.

COMBUSTIBLES.

CAPITULO VII.

HOGARES. CALDERAS.

CAPITULO VIII.

DESTILACION.

CAPITULO IX.

EVAPORACION.

CAPITULO X.

DESECACION.

CAPITULO XI.

MAQUINAS DE VAPOR.

CAPITULO XII.

CALOR EMPLEADO EN CALENTAR LAS HABITACIONES.

CAPITULO XIII.

VENTILACION

CAPITULO XIV.

APARATOS PARA PREPARAR LOS ALIMENTOS.

CAPITULO XV.

CALDEO DE LIQUIDOS.

CAPITULO XVI.

CALDEO DE CUERPOS SOLIDOS. HOGARES FUMIVOROS. TEMPERATURAS ELEVADAS.

TERCERA PARTE.

Luz.

CAPITULO I.

PROPIEDADES GENERALES. REFLEXION.

CAPITULO II.

REFRACCION.

CAPITULO III.

FENOMENO DE LA VISION.

CAPITULO IV.

APARATOS OPTICOS.

CAPITULO V.

FOTOGRAFIA.

CAPITULO VI.

ALUMBRADO.

CUARTA PARTE.

Magnetismo.

CAPITULO I.

PROPIEDADES DE LOS IMANES.

CAPITULO II.

ACCION DE LA TIERRA SOBRE LOS IMANES.

QUINTA PARTE.

Electricidad.

CAPITULO I.

IDEAS GENERALES.

CAPITULO II.

ELECTRICIDAD POR INFLUENCIA.

CAPITULO III.

VARIOS EFECTOS DE LA ELECTRICIDAD. ALGUNOS MEDIOS DE PRODUCIRLA.

CAPITULO V.

VARIOS EFECTOS DE LA ELECTRICIDAD DINAMICA.

CAPITULO VI.

ELECTRO-MAGNETISMO.

CAPITULO VII.

CORRIENTES DE INDUCCION. CORRIENTES TERMO-ELECTRICAS. ELECTRICIDAD ANIMAL.

CAPITULO VIII.

ELECTRICIDAD EN LA ATMOSFERA.

CAPITULO IX.

LUZ ELECTRICA.

CAPITULO X.

GALVANOPLASTIA.

CAPITULO XI.

EMPLEO DE LA ELECTRICIDAD COMO FUERZA MOTRIZ.

CAPITULO XII.

TELEGRAFIA ELECTRICA.

Las figuras de esta obra han sido dibujadas por los Sres. Zarza, Urrabieta y el Autor, y grabadas por los Sres. Vierge, Severini, Oliveras, Burgos y Capuz: colocados segun el número que de ellas han ejecutado.

